

UNIVERSIDAD DEL ROSARIO



**ANÁLISIS DE LA CADENA PRODUCTIVA Y LA IMPLEMENTACIÓN DE
TECNOLOGÍA EN EL CULTIVO DE LA YUCA EN COLOMBIA**

TRABAJO DE GRADO

**ESTEFANÍA MÁRQUEZ SUÁREZ
MARÍA ALEJANDRA OLARTE LASSO**

BOGOTÁ D.C

2017

UNIVERSIDAD DEL ROSARIO



**ANÁLISIS DE LA CADENA PRODUCTIVA Y LA IMPLEMENTACIÓN DE
TECNOLOGÍA EN EL CULTIVO DE LA YUCA EN COLOMBIA**

TRABAJO DE GRADO

**ESTEFANÍA MÁRQUEZ SUÁREZ
MARÍA ALEJANDRA OLARTE LASSO**

ANDRÉS A. MARIÑO

ADMINISTRACIÓN EN LOGÍSTICA Y PRODUCCIÓN

BOGOTÁ D.C

2017

Agradecimientos y dedicatoria

Este trabajo de grado está dedicado en primera instancia a Dios, porque gracias a él tuvimos la oportunidad de formarnos profesionalmente en la Universidad del Rosario.

A nuestros padres por su apoyo incondicional con nosotras durante estos últimos años en los cuales nos han apoyado en cada una de las etapas y decisiones que hemos tomado.

Agradecemos a la Universidad del Rosario y a sus docentes quienes a lo largo de nuestra carrera nos han compartido su conocimiento y han contribuido simbólicamente para nuestro desarrollo profesional.

De igual forma queremos agradecer a nuestro director de trabajo de grado Andrés Alberto Mariño, quien nos permitió hacer parte de este proyecto de investigación, apoyándonos con su experiencia y conocimiento.

Y por último a nuestros amigos y compañeros, que formaron parte de nuestro crecimiento personal y profesional.

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|--|-----------|
| <i>ÍNDICE DE TABLAS Y GRÁFICAS</i> | 7 |
| <i>GLOSARIO</i> | 7 |
| <i>RESUMEN</i> | 8 |
| <i>Palabras Clave: vigilancia tecnológica, cadena productiva, yuca, cultivos</i> | 8 |
| <i>ABSTRACT</i> | 9 |
| <i>Key Words: productive chain, technological surveillance, yucca/cassava, crops</i> | 9 |
| 1. INTRODUCCIÓN | 10 |
| 1.1. Planteamiento del problema de investigación | 10 |
| 1.2. Objetivos de investigación | 14 |
| 1.2.1. Objetivo general..... | 14 |
| 1.2.2. Objetivos específicos | 14 |
| 2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA Y CONCEPTUAL | 15 |
| 2.1. Marco teórico | 15 |
| 2.1.1. Cadena productiva..... | 15 |
| 2.2. Marco metodológico | 19 |
| 3. DIAGNÓSTICO ESTRATÉGICO DE LA CADENA PRODUCTIVA DE LA YUCA | 21 |
| 3.1. Contexto situacional | 21 |
| 3.1.1. Sector agroalimentario..... | 21 |
| 3.1.2. Seguridad alimentaria | 22 |

| | | |
|-------------|--|-----------|
| 3.1.3. | <i>Contexto sector agroalimentario en Latinoamérica</i> | 23 |
| 3.1.4. | <i>Sector agroalimentario en Colombia</i> | 26 |
| 3.2. | Factores críticos | 28 |
| 3.2.1. | Cadena productiva de la yuca | 28 |
| 3.2.1.1. | Abastecimiento | 29 |
| 3.2.1.2. | Producción | 30 |
| 3.2.1.3. | Cosecha | 31 |
| 3.2.1.4. | Pos cosecha | 33 |
| 3.2.1.5. | Venta | 35 |
| 3.2.1.6. | Consumidor final | 37 |
| 3.2.2. | Cadena de valor de la yuca | 38 |
| 3.2.2.1. | Descripción de las actividades de apoyo | 38 |
| 3.3. | Factores críticos identificados | 41 |
| 4. | <i>DESARROLLOS TECNOLÓGICOS PRESENTES EN LA CADENA</i> | |
| | <i>PRODUCTIVA DE LA YUCA EN EL MUNDO</i> | 43 |
| 4.1. | Descripción de las actividades tecnológicas claves identificadas | 44 |
| 4.1.1. | Siembra mecanizada | 44 |
| 4.1.2. | Procesos industriales | 46 |
| 4.1.2.1. | Nigeria | 47 |
| 4.1.2.2. | Tailandia | 48 |
| 4.1.2.3. | Brasil | 50 |
| 5. | <i>DESARROLLOS TECNOLÓGICOS PRESENTES EN LA CADENA</i> | |
| | <i>PRODUCTIVA DE LA YUCA EN COLOMBIA</i> | 52 |
| 5.1. | Descripción de las actividades tecnológicas claves identificadas | 52 |
| 5.1.1. | Siembra mecanizada | 53 |

| | |
|------------------------------------|-----------|
| 5.1.2. Procesos industriales | 56 |
| 5.1.2.1. Harina de yuca | 56 |
| 6. CONCLUSIONES | 61 |
| BIBLIOGRAFÍA | 64 |

Índice de tablas y gráficas

| Tablas | Página |
|---|---------------|
| Tabla 1. Descripción de productos agrícolas cultivados en Colombia por departamento | 11 |
| Tabla 2. Actividades clave del proceso productivo de la yuca con alta particip. Tecnológica | 41 |
| Tabla 3. Rendimiento de producción de la yuca a nivel mundial | 46 |
| Tabla 4. Aplicaciones de la harina de yuca en la industria | 60 |

| Gráficas | Página |
|---|---------------|
| Gráfica 1. Esquema de una cadena productiva general | 16 |
| Gráfica 2. Esquema de un nuevo enfoque de cadenas dinámicas y colaborativas | 18 |
| Gráfica 3. Componentes del sector agroalimentario | 22 |
| Gráfica 4. Cadena productiva de la yuca | 28 |
| Gráfica 5. Integrantes del Consejo Nacional de Cadena de la Yuca | 37 |
| Gráfica 6. Cadena de valor de la yuca | 38 |
| Gráfica 7. AMPU Unidad Autónoma de Procesamiento Móvil | 45 |
| Gráfica 8. Proceso de obtención de la harina de yuca | 57 |

Glosario

Vigilancia tecnológica: proceso organizado, selectivo y permanente, de captar información del exterior y de la propia organización sobre ciencia y tecnología, seleccionarla, analizarla, difundirla y comunicarla, para convertirla en conocimiento para tomar decisiones con menor riesgo y poder anticiparse a los cambios. (Malvido, 2008, p.6)

Sistema de Vigilancia Tecnológica: Parte del sistema general de gestión de la organización que comprende el conjunto de medios y recursos mediante los cuales se realiza la vigilancia tecnológica. (Malvido, 2008, p.6)

FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (FAO, 2017)

Yuca: Tubérculo de un arbusto perenne de la familia *Euphorbiaceae*. Su nombre científico es *Manihot*. La yuca recibe diferentes nombres, es llamada *yuca* en el norte de América del Sur, Central y las Antillas. Es llamada *mandoca* en Argentina, Brasil y Paraguay, *cassava* en países anglo parlantes, *guacamote* en México, *aipi* y *macacheira* en Brasil y *mhogo* en países de África oriental. La yuca es un alimento beneficioso, cuenta con propiedades nutricionales, vitaminas y minerales muy importantes para mantener una buena salud y aporta mucha energía al cuerpo. (FAO, 2007)

Cadena de valor: Herramienta propuesta por Michael Porter, para analizar en la planeación estratégica de los negocios, y así identificar ventajas competitivas de una organización.

Está compuesta por un grupo de actividades primarias, aquellas que tienen una relación directa con la producción del bien o servicio a ofrecer; y actividades de apoyo, actividades de soporte que agregan valor al bien o servicio sin estar relacionado directamente con el proceso de operación, producción ni comercialización. (García & Barba, 2011)

Cadena Productiva: Sistema constituido por actores interrelacionados por una sucesión de operaciones de producción, transformación y comercialización de un producto o grupo de productos en un entorno determinado. (Gálvez, 2006)

Resumen

Palabras Clave: *vigilancia tecnológica, cadena productiva, yuca, cultivos.*

El estudio de una cadena productiva requiere de varias variables y para poder establecer qué tan efectiva o no es la cadena se utilizan muchas herramientas. En el presente estudio, la herramienta base para su estudio fue el diagnóstico estratégico (una de las fases pertenecientes a un estudio de vigilancia tecnológica). El objetivo principal de este diagnóstico es evaluar los escenarios macro y micro del producto escogido, para poder establecer las fortalezas, oportunidades, amenazas y debilidades de su conjunto. Además de determinar las actividades claves de los eslabones de la cadena y su generación de valor.

La FAO ha declarado a la yuca como uno de los alimentos más importantes para la humanidad, no sólo porque es de fácil adaptación a suelos sino también por el contenido proteínico y vitamínico. En Colombia corresponde a uno de los productos agrícolas más cultivados, por esa razón es importante realizar una evaluación de su proceso productivo y de la tecnología utilizada.

A lo largo del presente estudio, se desarrollará la descripción de la cadena productiva de la yuca en Colombia. Esta tiene en cuenta los procesos principales en su producción tales como el abastecimiento, la producción, la cosecha, la pos cosecha, la venta y el consumidor final. Además de los elementos de apoyo en la cadena de valor como la asociatividad, los recursos humanos y el desarrollo tecnológico. A partir de la descripción de la cadena productiva de la yuca, se determinan las actividades con alta participación tecnológica a través de todo el proceso.

Se toman dos de las principales actividades con impacto tecnológico, las cuales serán analizadas y se presentarán los resultados a nivel Colombia y a nivel mundial de cada una de ellas.

Abstract

Key Words: *productive chain, technological surveillance, yucca/cassava, crops.*

The productive chain study requires several variables and to be able to establish how effective the chain is or not, there are many tools possibly used. In the present study, the basic tool for its study was the strategic diagnosis (one of the phases belonging to a technological surveillance study). The main objective of this diagnosis is to evaluate the macro and micro scenarios of the chosen product, in order to establish the strengths, opportunities, threats and weaknesses of the whole system. In addition to determining the link key activities of the chain and its generation of value.

FAO has declared cassava as one of the most important foods for mankind, not only because it is easily adapted to soils but also because of protein and vitamin content. In Colombia it corresponds to one of the most cultivated agricultural products, for that reason it is important to make an evaluation of how the production of this crop is being carried out and if the technology used is adequate.

Throughout the present study, the description of the productive chain of cassava in Colombia will be developed. It takes into account the main processes in its production such as suppliers, production, harvest, post harvest, sale and final consumer. In addition, the elements of support in the value chain are also included, such as associativity, human resources and technological development. From the description of the productive chain of cassava, the activities with high technological participation are determined through the whole process.

Two of the main activities with technological impact are taken, which will be analyzed and the results will be presented at Colombia and worldwide level of each of them.

1. Introducción

1.1. Planteamiento del problema de investigación

El DANE (2016) en uno de sus boletines define la yuca como: “Un tubérculo originario del trópico americano, que ha surgido de una relativa oscuridad en las últimas décadas para convertirse en la cuarta fuente más importante de energía alimentaria del mundo después del arroz, la caña de azúcar y el maíz”. (pág. 1) Este producto agrícola no sólo es una rica fuente de nutrientes para los seres humanos, sino también es un producto que tiene grandes beneficios a nivel eco-eficiente. Sus raíces y hojas permiten ser una fuente de carbohidratos y proteínas, ya que una vez procesada se pueden obtener productos tales como: harina, croquetas y almidón. Este último, uno de los componentes de la yuca, permite que esta planta sea de provecho productivo; porque en la industria se encuentran como derivados alcohol carburante, goma, adhesivos y pegantes, glucosa, entre otros. Así como también las hojas y tallos son de un alto valor nutritivo para los rumiantes: “llegando a ofrecer de 20 a 25% de proteína”.

Analizando el PIB desagregado por sectores de la economía, el cual en el año 2015 tuvo un crecimiento de 3,3% con relación al año 2014 siendo un total de 799.312 de pesos anual, es importante resaltar cuatro sectores fundamentales en éste, puesto que son éstos los que más aportan a su conformación.

Dentro de estos se encuentra el sector agropecuario con un porcentaje 12,63% representando un valor de 48.295 de pesos anual; la industria manufacturera, con un porcentaje de 4,88% representando un valor de 91.114 pesos anual; el sector del Comercio con un porcentaje de 10,43% representando un valor de 98.100 pesos anual; y por último el sector financiero, con un porcentaje de participación de 7,40% representando un valor de 153.724 pesos anual (República, 2015).

Para la selección del principal producto en Colombia, en el sector agropecuario, se realizó un análisis sobre las Evaluaciones Agropecuarias Municipales, realizadas por el Ministerio de Agricultura en el año 2014. Donde se pudo evidenciar lo siguiente:

Tabla 1

Descripción productos agrícolas cultivados en Colombia por departamento

| PRINCIPAL PRODUCTO AGRICOLA CULTIVADO EN COLOMBIA POR DEPARTAMENTO | |
|---|-------------------------------------|
| DEPARTAMENTO | PRINCIPAL PRODUCTO CULTIVADO |
| AMAZONAS | Yuca |
| ANTIOQUIA | Banano |
| ARAUCA | Plátano |
| ATLANTICO | Yuca |
| BOLIVAR | Yuca |
| BOYACÁ | Papa |
| CALDAS | Café |
| CAQUETA | Plátano |
| CASANARE | Arroz Mecanizado |
| CAUCA | Caña Azucarera |
| CESAR | Palma de Aceite |
| CHOCÓ | Plátano |
| CORODBA | Yuca |
| CUNDINAMARCA | Papa |
| GUAINÍA | Yuca |
| GUAVIARE | Maíz |
| HUILA | Café |
| LA GUAJIRA | Banano |
| MAGDALENA | Palma de Aceite |
| META | Palma de Aceite |

| | |
|-------------------------------------|------------------|
| NARIÑO | Papa |
| NORTE DE SANTANDER | Arroz Mecanizado |
| PUTUMAYO | Plátano |
| QUINDÍO | Plátano |
| RISARALDA | Café |
| SAN ANDRES Y PROVIDENCIA | Yuca |
| SANTANDER | Palma de Aceite |
| SUCRE | Arroz Mecanizado |
| TOLIMA | Arroz Mecanizado |
| VALLE DEL CAUCA | Caña Azucarera |
| VAUPES | Yuca |
| VICHADA | Soya |

Tomado y adaptado de informe de Agronet (2014) (Elaboración propia)

Con base en la identificación del principal producto agrícola por cada departamento del país, se logra identificar que el principal producto cultivado y producido es la Yuca. De los 32 departamentos tenidos en cuenta, la yuca es el principal producto cultivado en 7 departamentos (Amazonas, Atlántico, Bolívar, Córdoba, Guainía, San Andrés y Providencia, Vaupés).

Representando la yuca el 21,8% sobre el producto agrícola principal de cada departamento. En segundo lugar, se encuentra el plátano como producto principal en 5 departamentos con un 15,6% de participación. De acuerdo a los departamentos donde la yuca es principalmente cultivada mencionados anteriormente, nos lleva a soportar la clasificación de las zonas productivas en Colombia: Costa Atlántica, Llanos Orientales, Zona Cafetera, Valle del Cauca y Norte del Cauca, Valles del Alto Magdalena. (Minagricultura, 2015)

Adicionalmente el Departamento Administrativo Nacional de Estadística publicó los resultados de la Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA) del año 2016, donde se encuentra que los cultivos

más representativos a nivel nacional son el maíz amarillo y blanco, la yuca, la naranja y el cacao. Además de ser los cultivos con el mayor crecimiento, tanto en volumen de producción como en área sembrada. Específicamente la yuca tuvo un incremento significativo, pasó de 482.595 toneladas producidas en el 2015 a 870.450 toneladas producidas en el 2016 presentando una variación del 80,4% (Alfonso, 2017).

Hace unos años, el cultivo de la yuca se realizaba de forma manual. Hoy en día la aparición y el desarrollo de la tecnología ha llevado a los agricultores a un proceso de implementación de un proceso mecanizado, para optimizar así la productividad. Lo anterior se presenta como una consecuencia de la globalización, donde las reglas económicas tradicionales establecidas se están viendo amenazadas por la revolución de las nuevas tecnologías. Una cuarta revolución industrial denominada recientemente por los economistas, una era que se ha visto marcada por la convergencia de tecnologías digitales, físicas y biológicas (Perasso, 2016). Cada vez la incertidumbre aumenta en las empresas y los competidores se multiplican, lo que nos está llevando a un nuevo tipo de sociedad. La tecnología está convirtiéndose en la protagonista de los nuevos procesos de desarrollo de productos. Esto nos muestra que la ciencia y la tecnología son un binomio muy importante.

“La Vigilancia Tecnológica y la Inteligencia Competitiva, VT e IC, son herramientas muy útiles que constituyen un factor clave de éxito para generar ventajas competitivas para las organizaciones, mediante la obtención y tratamiento adecuado de la información y su posterior transformación en conocimiento, puesto que facilitan detectar a tiempo oportunidades y/o amenazas del entorno, señales de cambio, tendencias, tecnologías emergentes, entre otros.” (Ospina & Gómez, 2014, p.18)

El presente estudio de investigación busca por medio de un diagnóstico estratégico del proceso productivo de la yuca teniendo en cuenta los aspectos tecnológicos, responder a la pregunta central de investigación:

¿Cuál es la situación actual de la cadena productiva de la yuca, como uno de los principales productos agrícolas cultivados en Colombia?

1.2. Objetivos de investigación

1.2.1. Objetivo general.

Identificar la situación actual de la cadena productiva y el uso de la tecnología en el cultivo de la yuca, como uno de los principales productos agrícolas en Colombia.

1.2.2. Objetivos específicos.

- Realizar el diagnóstico estratégico de la cadena productiva de la yuca
- Presentar los aspectos tecnológicos relevantes en la cadena productiva de la yuca a nivel mundial
- Identificar los aspectos tecnológicos relevantes en la cadena productiva de la yuca en Colombia

2. Fundamentación teórica y conceptual

2.1. Marco teórico

2.1.1. Cadena productiva.

Para entender el concepto de cadena productiva, se debe tener en cuenta principalmente los actores en un sistema económico que permiten a largo plazo la generación y consolidación de ventajas competitivas en el entorno empresarial. Según Castro (2008) la cadena productiva es un concepto que se origina de la escuela de la planeación estratégica. Esta escuela, permite explicar la competitividad a partir de sus características internas y por sus factores externos que están relacionados con el entorno. De este modo, las relaciones con los agentes externos como los proveedores, el Estado, los clientes, los distribuidores permiten generar y fortalecer estímulos y sinergias que conllevan a la mejora de ventajas competitivas.

Castro (2008) presenta otra definición de la cadena productiva como “un conjunto estructurado de procesos de producción que tienen en común un mismo mercado y en el que las características tecnoproductivas de cada eslabón afectan la eficiencia y productividad de la producción en su conjunto”. Adicionalmente, Flores (2015, pág. 4) enfatiza que “una cadena productiva está inmersa en un sistema de actores sociales, medio ambientales, económicos o políticos que se interrelacionan entre sí para poder producir riqueza a través de un producto o servicio ofrecido a los mercados locales o internacionales”.

Las cadenas productivas tienen a su vez una división, esta pertenece a diferentes eslabones que varían de acuerdo a la industria o producto específico. Sin embargo, estos se pueden generalizar en el siguiente esquema:

Gráfica 1

Esquema de una cadena productiva general.



Tomado y adaptado de Cadenas Productivas. Enfoque y precisiones conceptuales. P.3

Por consiguiente, también se debe tener en cuenta el concepto de eslabones. Este término surge por primera vez en los trabajos y producciones de Hirschman alrededor del año 1958, quién planteó la idea de los enlaces hacia adelante y hacia atrás. Para este autor:

Una sugerencia de esta clase fue que el desarrollo se acelera mediante la inversión en proyectos e industrias poseedores de fuertes efectos de enlace hacia adelante o hacia atrás. Sostuve que la toma de decisiones empresariales en el sector privado y en el sector público no se determina sólo por la atracción del ingreso y de la demanda, sino que responde a factores de impulso especiales, tales como los enlaces, que emanan del lado del producto. Los enlaces hacia atrás y hacia adelante han pasado a formar parte del lenguaje de la economía del desarrollo. (Hirschman, 1958, pág. 25)

Entonces los encadenamientos se pueden ver como una secuencia de decisiones de inversión que tienen lugar durante los procesos de industrialización que caracterizan el desarrollo económico. Si se piensa en el desarrollo económico y empresarial, una de las consecuencias o claves para lograrlo es que exista una cooperación entre las entidades involucradas, donde se realicen acuerdos que faciliten los procesos.

Michael Porter (1985) como uno de las figuras claves de la escuela de planeación estratégica, planteó el concepto de cadena de valor alrededor de los años ochenta, donde se describen las

actividades que se llevan a cabo en cualquier sector y se agrupan en dos grandes categorías, la primera son las actividades que están directamente relacionadas con la creación física del producto y en su venta y transporte desde el comprador hasta la asistencia del servicio posventa. La segunda categoría tiene como función apoyar las actividades primarias y cada una de ellas, por medio de los recursos humanos y tecnológicos, insumos e infraestructura. Porter (1985) se refiere a los eslabones como aquellos enlaces que se producen cuando una actividad afecta los costos o la eficacia de alguna otra actividad.

Hasta este punto las definiciones hechas tanto por Hirschman como por Porter permiten ver una cadena de valor desde una perspectiva interna, es decir el comportamiento de las empresas desde su ambiente micro. Para completar la definición, Porter (1986) plantea los “sistemas de valor”, lo que hace referencia a todas las conexiones existentes entre todas las cadenas de valor que existen en el mercado o simplemente todas las relaciones en el ambiente macro de cada cadena. Por consiguiente, el éxito de cualquier empresa radica en los flujos de información que ésta maneje y de las relaciones que tenga con el medio exterior. Esto nos lleva a la conclusión de que el concepto de cadenas productivas resulta muy semejante al de un sistema de valor.

Otro concepto para la definición de cadena productiva:

Un conjunto de agentes económicos que participan directamente en la producción, transformación y el traslado hacia el mercado de un mismo producto, (...) cuyo objetivo principal localizar las empresas, las instituciones, las operaciones, las dimensiones y capacidades de negociación, las tecnologías, las relaciones de producción y las relaciones de poder en la determinación de los precios. (Tomta & Chiatchoua, 2009, pág. 149)

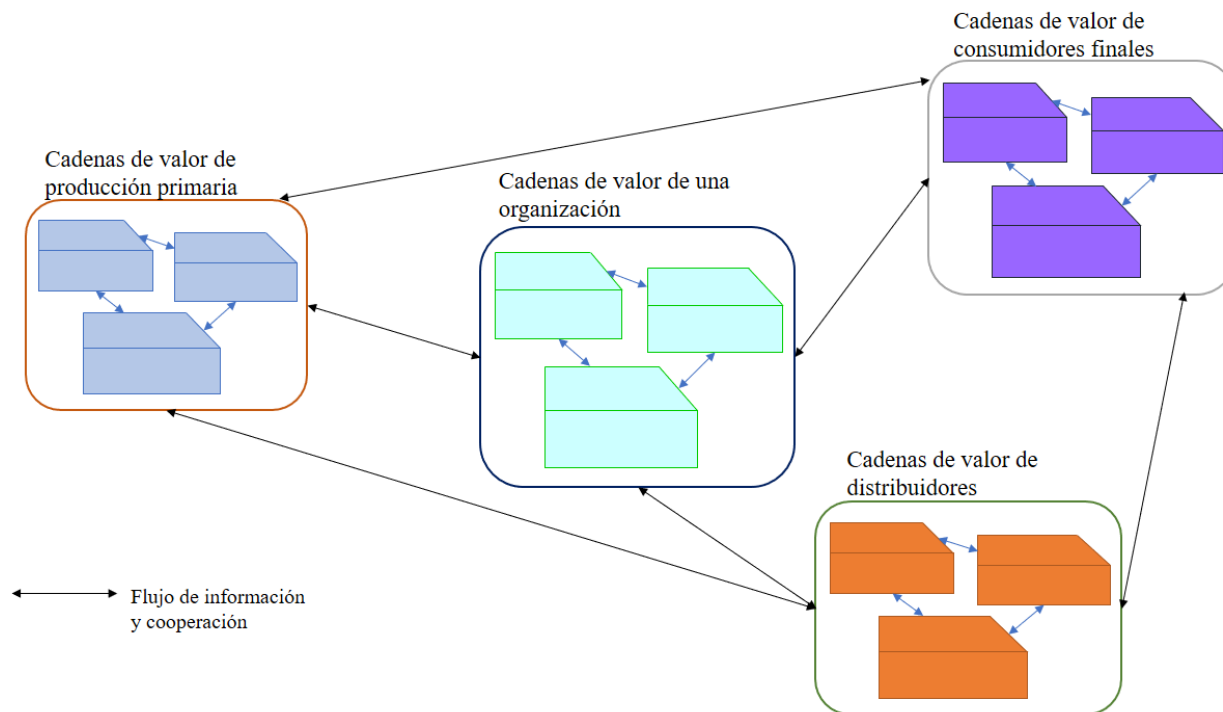
Se puede realizar a su vez dos clasificaciones de cadenas productivas, una al estilo tradicional y una con un enfoque moderno. La primera, con un enfoque tradicional se caracteriza por tener un tamaño uniforme en las etapas del proceso productivo. Adicional a ello presenta un comportamiento lineal y secuencial, lo que refleja un proceso estático y analógico ya que para toda actividad debe existir un predecesor y no se realiza una actividad sin que la anterior haya finalizado. Para la segunda clasificación con un enfoque moderno, se observa que varios de los actores de una cadena hacen parte de un mismo núcleo donde las relaciones son un poco más

dinámicas y no necesariamente presentar un orden secuencial. En este tipo de cadenas productivas se observa una relación de mayor cooperación y trazabilidad lo que permite que los procesos sean más ágiles.

Para considerar una cadena productiva hoy en día, se debe regenerar la noción de negocios o cadenas segmentadas, una perspectiva un poco vieja. Lo ideal es pasar a ver una cadena como una no lineal, dinámica, colaborativa, sistemática, escalable sobre todo digital; donde se pueda observar y reconocer un valor agregado que tenga como base la información convertida en conocimiento y en productos de alto valor (Tomta & Chiatchoua, 2009).

Gráfica 2

Esquema de un nuevo enfoque de cadenas dinámicas y colaborativas



Fuente: elaboración propia

En Colombia las cadenas productivas pueden ser una estrategia por medio de la cual las empresas mejoran sus indicadores de productividad. El gobierno ha empezado a concebir dentro de sus políticas de desarrollo económico, las estrategias regionales fundamentadas en cadenas

productivas, generando un nuevo modelo en la economía (Castellanos, Rojas, Villaraga & Ustate, 2001).

El programa de cadenas productivas es uno de los ejes centrales de las políticas de desarrollo industrial, dada su flexibilidad de aplicación a cualquier sector económico tanto de bienes como servicios, permitiendo la homogeneización de las estrategias gubernamentales para el mejoramiento de la competitividad (Castellanos et al., 2001)

2.2. Marco metodológico

Para realizar el diagnóstico estratégico de la cadena productiva de la yuca, se llevará a cabo un estudio exploratorio, este tipo de estudio se caracteriza según Fernández, Baptista & Hernández (2001) por tener como objetivo “examinar un tema o problema de investigación poco estudiado, del cual se tienen muchas dudas o no se ha abordado antes. Es decir, cuando la revisión de la literatura reveló que tan sólo hay guías no investigadas e ideas vagamente relacionadas con el problema de estudio” (p.58). Este método de investigación se lleva a cabo cuando no se tiene un contexto amplio sobre el tema o problema a tratar. El enfoque del proyecto será cualitativo, un enfoque que se caracteriza por utilizar la recolección de datos sin medición numérica para descubrir o afinar preguntas de investigación en el proceso de interpretación y que consiste en “reconstruir” la realidad tal y como la observan los actores de un sistema social.

El proyecto tiene como objetivo presentar la cadena productiva de la yuca en Colombia teniendo en cuenta los procesos tecnológicos más importantes en la misma. Para ello es importante tener en cuenta la función de la vigilancia tecnológica como factor clave a la hora de tomar importantes decisiones que afectan el desempeño estratégico y la competitividad de cualquier organización. Debido a que por medio de la vigilancia se obtiene acceso a información útil o crítica que permite a las empresas detectar señales débiles y fuertes de los competidores potenciales en el entorno.

Para obtener una importante lectura de un sector económico, este estudio exploratorio se realizará aplicando una de las etapas de un ciclo de vigilancia tecnológica. De acuerdo con Malaver y Vargas (2007), las etapas de un ciclo de vigilancia tecnológica: 1) diagnóstico estratégico (donde

se determinan las necesidades de información y de los factores claves a investigar), 2) búsqueda y captación de la información (se definen los objetivos de búsqueda, determinación de palabras clave y las fuentes de información), 3) análisis de la información (procesar la información obtenida), 4) inteligencia (donde ocurre la interpretación y una generación de valor agregado a la información), 5) comunicación (difusión de los resultados, que pueden ser propuestas para la toma de decisiones).

Para realizar el diagnóstico de la cadena productiva de la yuca, se tomará como enfoque la primera etapa del ciclo mencionado anteriormente, *diagnóstico estratégico*. Uno de los principales resultados que arroja esta etapa es la identificación de los problemas competitivos relevantes para el desarrollo de las cadenas productivas. El diagnóstico estratégico se compone básicamente de los factores críticos competitivos y de los tecnológicos.

En cuanto a la identificación de los factores críticos competitivos, se deben seguir una serie de pasos o aplicar algunas herramientas. Dentro de ellas la descripción de la cadena productiva, la descripción y análisis de la cadena de valor y los factores críticos identificados. Por otro lado, para la identificación de las tecnologías a vigilar los factores claves son: identificación de las tecnologías en la actividad seleccionada, identificación de las tecnologías críticas y la selección de las tecnologías a vigilar.

3. Diagnóstico estratégico de la cadena productiva de la yuca

3.1. Contexto situacional

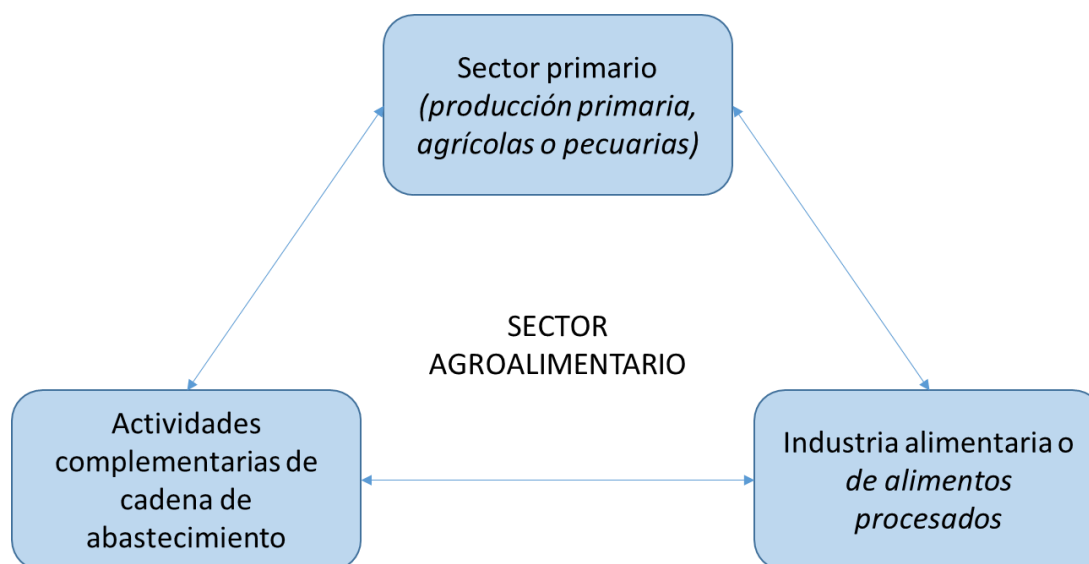
3.1.1. Sector agroalimentario.

El *sector agroalimentario*, es el sector económico que hace referencia a los bienes o servicios relacionados con los productos del campo, que una vez estén listos (como por ejemplo las verduras) o aquellos que deben ser procesados primero en la industria alimentaria, se utilizan para la alimentación humana (Cofece, 2015). Adicionalmente, este sector se encuentra dividido en distintas actividades económicas: en primer lugar, se encuentran las actividades de agricultura y de la cría y explotación de animales, comúnmente denominadas actividades de producción primaria, agrícolas o pecuarias. Estas actividades incluyen las actividades de preparación de terreno incluyendo maquinaria, abonos, pesticidas y la siembra de las semillas. Las actividades pecuarias, que también hacen parte de este sector, cubren la producción o cría de los animales para consumo humano tales como los bovinos, porcinos, ovinos, caprinos, aves o pollos; además de los productos derivados (leche, huevos, quesos, etc.) de los animales mencionados anteriormente.

Por otro lado, se encuentra la industria de transformación agroalimentaria cuyo objetivo es la producción de bienes alimentarios por medio de maquinaria industrial. El nombre específico que recibe este sector es la *industria alimentaria*. Donde se toman los productos base, de origen vegetal y animal, para procesarlos y preservar sus características de conservación, sabor, color, olor, etc.

Las empresas que se dedican al transporte, almacenamiento, comercialización y distribución de alimentos hacen parte de un tercer grupo, cuyas actividades complementan la cadena de abastecimiento del sector agroalimentario (Cofece, 2015).

Gráfica 3
Componentes del Sector agroalimentario.



Fuente: elaboración propia

3.1.2. Seguridad alimentaria.

Como organización intergubernamental, la FAO (2004) apoya de manera eficiente su objetivo principal de lograr un mundo en el que impere la seguridad alimentaria elevando los niveles de nutrición, mejorando la productividad agrícola, las condiciones de la población rural y contribuyendo a la expansión de la economía mundial. Dicha organización es la encargada de convocar la Cumbre Mundial sobre la Alimentación donde dirigentes de todo el mundo se reúnen con el fin de comprometerse a favor de la lucha contra el hambre.

Aproximadamente a mediados de los años 70, exactamente en la Cumbre Mundial de 1974 se definió la seguridad alimentaria desde el punto de vista del suministro de alimentos: asegurar la disponibilidad y la estabilidad tanto nacional como internacional de los precios de los alimentos básicos. Años más tarde (1983) el enfoque de la FAO se concentró en el acceso de los alimentos, lo que llevó a una definición más completa del equilibrio entre la demanda y el suministro de la seguridad alimentaria.

En la siguiente década (1990), se llegó al concepto actual que incorpora la inocuidad y las preferencias culturales, al mismo tiempo que se reafirma la seguridad alimentaria como un derecho humano. Así que, desde la Cumbre Mundial de la Alimentación de 1996, la **Seguridad Alimentaria**:

“a nivel de individuo, hogar, nación y global, se consigue cuando todas las personas, en todo momento, tienen acceso físico y económico a suficiente alimento, seguro y nutritivo, para satisfacer sus necesidades alimenticias y sus preferencias, con el objeto de llevar una vida activa y sana” (FAO, 2011, p.2)

Adicional a la definición, se plantean cuatro dimensiones primordiales de la seguridad alimentaria: 1) la disponibilidad física de los alimentos (la existencia de cantidades suficientes de alimentos de calidad adecuada, suministrados a través de la producción del país o de importaciones), 2) el acceso económico y físico a los alimentos (acceso de las personas a los recursos adecuados para adquirir alimentos apropiados y una alimentación nutritiva), 3) la utilización de los alimentos (utilización biológica de los alimentos a través de una alimentación adecuada para lograr un estado de bienestar nutricional en el que se satisfagan todas las necesidades fisiológicas) y 4) la estabilidad (una población, un hogar o una persona deben tener acceso a alimentos adecuados en todo momento) (FAO, 2004).

3.1.3. Contexto sector agroalimentario en Latinoamérica.

Para saber lo que está sucediendo actualmente con Colombia en el sector agroalimentario, primero se debe analizar en un contexto macro el panorama agroalimentario en Latinoamérica. Respecto al contexto macroeconómico, la economía mundial no se ha recuperado totalmente desde la crisis financiera de 2008. Los organismos financieros prevén que para 2015 y 2016 la tasa de crecimiento global será un poco mayor que la de los años previos, pero no superará los valores registrados anteriores a la crisis del 2008.

América Latina y el Caribe se enfrentan a la tasa de crecimiento regional más baja desde 2009, con una demanda agregada externa debilitada por la desaceleración de las economías emergentes.

De acuerdo a un análisis realizado en el informe *Perspectivas de la agricultura y del desarrollo rural en las Américas: una mirada hacia América Latina y el Caribe 2015 – 2016* por la CEPAL, la FAO y el IICA (2015) se menciona que un factor determinante en esta situación de poco crecimiento económico se debe a la importante diferencia en los ritmos de crecimiento económico de las subregiones y los países. Mientras en 2015 en América del Sur el crecimiento sería nulo, en Centroamérica (excluyendo México) la tasa de crecimiento sería de 4,0%; el Caribe seguiría con un desempeño superior a la tendencia de los años previos y presentaría un crecimiento del 1,7% en 2015.

En el contexto agrícola de América Latina y el Caribe, la demanda de alimentos y materias primas ha disminuido lo que afecta las perspectivas de crecimiento de la producción y del comercio agrícola latinoamericano. A pesar de ello en el periodo 2010-2013, la agricultura en Latinoamérica creció a mayor ritmo (2,9%) que la economía en su conjunto (2,6%), pero a tasas menores que la agricultura en otras regiones del mundo (CEPAL et al., 2015).

Adicionalmente aumenta la brecha de productividad laboral agrícola entre América Latina y el Caribe respecto a los Estados Unidos. La productividad de América Latina crece a un ritmo anual de 3,13% y la de Estados Unidos crece a un ritmo de 3,81% anual (tomando como referencia el año 2013) (CEPAL et al., 2015). El menor crecimiento en América Latina ha ocasionado la amplia brecha con respecto a EE.UU, esto quiere decir en 2013 un trabajador agrícola en EE.UU genera muchas más veces valor agrícola de lo que genera un trabajador en América Latina. La diferencia en esta productividad, evidencia que en EE.UU se contrata mayor mano de obra, con mejores salarios, se ha intensificado el uso de la maquinaria y el mejoramiento de los insumos y que como resultado las cosechas resultan mejores y son vendidas en el mercado a un mejor precio.

Durante el 2012 y el 2013 se registraron producciones y comercio de cereales récord en América Latina. Específicamente en 2013 la producción de cereales aumentó en 19,38% respecto al 2012, superando la tasa de crecimiento mundial que registró 8,36% (CEPAL et al., 2015). Para 2014 la estabilidad climática fue mucho mayor que en los años anteriores lo que permitió igualar el récord de producción de cereales en 2013. A pesar de que los cereales registraron un buen desempeño en 2014, muchos de los cultivos tropicales de importancia (banano, piña, yuca, café y cacao) han

perdido participación en el mercado ante la aparición de fuertes competidores asiáticos y africanos. Debido al incremento de rendimiento en tierras y de mano de obra barata, ha permitido que países como Vietnam, Filipinas, Ghana, China y Costa de Marfil superaran la tasa de crecimiento con relación a la de América Latina en la producción de los productos mencionados anteriormente.

Aunque en 2013 se registró una estabilidad climática en general, los cambios constantes en el clima condicionarán los rendimientos de los principales cultivos agrícolas en las Américas; como por ejemplo la aparición de plagas y enfermedades y las sequías que han sufrido algunos países en el Caribe recientemente como el fenómeno de El Niño. Como consecuencia se tienen bajas en la producción de los productos, lo que obliga a incrementar la importación de productos para satisfacer la demanda doméstica.

Continúan existiendo grandes brechas tecnológicas y grados de tecnificación entre los países de América Latina, en la agricultura del continente se han implementado mejoras en la tecnología e innovación en los cultivos de productos cuyo destino principal es la exportación. El uso de las semillas genéticamente modificadas ha incrementado en los últimos años, al igual que la incorporación de tecnologías de información y comunicación, la automatización, los fertilizantes, etc. Aunque el presupuesto y recursos productivos para la agricultura familiar son menores, lentamente se han incorporado tecnologías.

En ese mismo estudio realizado por el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, el Banco Interamericano de Desarrollo y el Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria, mostró que en la agricultura familiar de ALC se han generado prácticas innovadoras, tales como circuitos cortos de comercialización; nuevas variedades de cultivos con mayor resistencia a plagas, enfermedades y factores abióticos adversos (como sequía y salinidad); redes público-privadas para el fomento de la competitividad y el uso de bioinsumos para la producción (CEPAL et al., 2015).

3.1.4. Sector agroalimentario en Colombia.

El PIB agropecuario en Colombia muestra el volumen de producción del sector en los últimos años. De acuerdo con cifras del informe de ColCapital (2015) se aprecia que el PIB ha sufrido una caída durante los años 2007 y 2009. Sin embargo, en los años siguientes, específicamente para el 2011 hubo una recuperación de más de cuatro puntos porcentuales sin evidenciar un panorama de mejora para los siguientes años.

En ese mismo informe de Colcapital (2015), se destaca que el Gobierno colombiano ha desarrollado iniciativas para generar una reactivación en el sector agrícola que han arrojado resultados positivos tales como: el incremento del 10,5% de las exportaciones de productos agropecuarios entre 2010 y el 2014, la suma de créditos agropecuarios alcanzó niveles sin precedentes por un valor de COP 16 billones para 177.000 proyectos. Este último fue una estrategia desarrollada por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural en el Plan de Desarrollo Nacional 2014 – 2018 para apoyar al sector agro. Por otro lado, avances e inversión en la infraestructura del país han impactado al sector agroindustrial facilitando el transporte y distribución de productos.

De acuerdo con un informe de la ANDI (2017), se reporta la situación económica colombiana en el 2016, un año en el cual el panorama fue complejo e incierto. Hubo crecimiento moderado y también procesos de desaceleración en el segundo semestre del año, el comercio exterior aún no ha despegado y el entorno macroeconómico fue muy retador. Se suma el factor climático con las fuertes lluvias y sequías, además de un profundo efecto en la economía debido al paro camionero y el proceso de paz que atraviesa Colombia ha repercutido también. Todas estas variables macroeconómicas pueden afectar el comportamiento del sector agrícola.

Para Colombia el sector agrícola es de suma importancia, ya que la coyuntura actual de este sector es prometedora. Dos razones principales se explican a través del informe de Finagro (2014): “el sector agro es el principal generador de empleo en las zonas rurales y el aumento en la productividad de los cultivos ha permitido que el crecimiento del PIB agropecuario sea superior al del PIB nacional” (pág.6). A pesar de ser un sector tan importante para Colombia, a su vez ha sido afectado durante más de cuatro décadas por el conflicto armado del país. Esto tiene como

consecuencia que los agricultores se hayan ido a las ciudades dejando sus tierras y cultivos, lo que contribuye al incremento de las tasas de desempleo en las grandes ciudades. A pesar de esta situación el Gobierno de Colombia ha trabajado fuertemente para la creación de diferentes Tratados de Libre Comercio con diversos países aprovechando el sector agrícola como factor competitivo.

En el tercer trimestre de 2016, el sector agropecuario decreció a una tasa del -1.7% anual, variación que estuvo considerablemente por debajo del crecimiento del 1.2% anual de la economía nacional en dicho período. De esta manera, el sector agropecuario en Colombia continuó reduciendo su participación dentro del PIB total, pasando del 6.2% en el tercer trimestre de 2015 al 6% en el mismo período de 2016 (Banco de Occidente, 2016).

Desafortunadamente las expectativas para el 2017 no son buenas, el crecimiento de la economía en su conjunto se espera que apenas supere el 2,3% y el sector agropecuario, la minería y el sector de construcción estarán creciendo por debajo de este nivel según Francisco Estupiñán, exministro de Agricultura en un artículo de El Espectador. Fenómenos climáticos como el de La Niña incidirá en el desempeño del sector agro, pero dejando de lado este factor existen problemas estructurales como el de la productividad agrícola. Colombia se ubica en el puesto 19 entre 30 países del ranking de productividad en América Latina y el Caribe (Estupiñán, 2017). La inversión gubernamental en el sector agro redujo el presupuesto en un 13% frente al presupuesto asignado para el 2016, lo que permite ver que el panorama para el sector agro no es el más esperanzador.

Como bien se mencionó anteriormente, la yuca es un producto que pertenece al sector agrícola en Colombia. Antes de presentar la descripción de la cadena productiva de la yuca, se muestran a continuación datos generales y relevantes de la yuca en Colombia. Datos tomados de un informe de Indicadores e Instrumentos por parte del Ministerio de Agricultura en el año 2015.

3.2. Factores críticos

3.2.1. Cadena productiva de la yuca.

La cadena de suministro agrupa las actividades primarias de la cadena de la yuca, pasando por cada una de las operaciones pre cosecha, cosecha y pos-cosecha.

Gráfica 4

Cadena productiva de la yuca



Fuente: elaboración propia

3.2.1.1. Abastecimiento.

3.2.1.1.1. Preparación del Suelo.

La preparación del suelo varía del clima, el tipo del suelo y sus características físicas. Es importante conocer la tierra para mantener la sostenibilidad del suelo y este paso debe realizarse con anticipación entre uno o dos meses antes de la siembra y el comienzo del periodo de lluvias (DANE, 2016).

En la preparación del suelo puede ser usada la labranza convencional, con arados de disco y rastras pesadas; o la labranza vertical, con arado de cincel rígido o vibratorio (Prensa, 2012).

3.2.1.1.2. Selección y manejo del material de siembra.

En este paso, se debe tener en cuenta el potencial de rendimiento, la estabilidad, el tipo de planta, el número de ramificaciones, la resistencia a plagas y enfermedades y la calidad fisiológica para poder seleccionar el material de siembra adecuado (FAO, 2007).

Es necesario utilizar estacas para el momento de siembra. Para esto lo ideal es seleccionar las ramas de las cuales se obtendrán las estacas, estas deben estar húmedas, a estas se les corta la punta y las partes secas. Una vez cortadas se atan en grupos de 25 unidades y para su conservación se deben dejar en un ambiente fresco y de forma vertical, así podrán perdurar por 4 meses (FAO, 2007).

3.2.1.2. Producción.

3.2.1.2.1. Siembra.

Es recomendable realizar la siembra al comienzo de la estación de lluvias. En Colombia la yuca es cultivada en regiones altas y lluviosas como la andina y la Orinoquía con suelos ácidos e infértiles, en áreas semidesérticas como la Guajira, en suelos fértiles como los del Valle y Tolima y en las selvas tropicales, debido a que este es un país con una diversidad de climas la yuca es un producto altamente adaptable por lo que puede ser cultivado fácilmente (Banco de la República, 2012).

La siembra del cultivo de la yuca, se puede realizar de forma manual o mecanizada. En ambas se debe tener en cuenta la profundidad de siembra, que debe ser entre 5-8 cm y la longitud de la estaca (FAO, 2007).

El sistema manual es utilizado principalmente por pequeños agricultores, en este método las estacas de entierran de 5-10 cm y se plantan en posición vertical. Para esto se requiere entre 6 a 8 jornales por hectárea por día. Por otro lado, el sistema mecanizado de siembra es utilizado por productores a gran escala con extensas plantaciones de cultivo. En este caso, la profundidad de siembra es de 5-8 cm en posición horizontal y es necesario contar con dos operarios. Uno a cargo de las maquinas sembradoras, el alimentador y el tractorista. Dos personas que llegan a sembrar entre 5 y 7 hectáreas por día (Banco de la República, 2012).

De este paso depende el potencial del rendimiento, la resistencia a plagas y la calidad fisiológica que tendrá la yuca. En Colombia la región Caribe es la mayor productora de yuca, pero los rendimientos son bajos, debido que los pequeños productores son los que han mantenido el sistema de siembra artesanal (manual), en la cual no aplican técnicas de preparación de tierra, fertilización, ni utilizan semillas de calidad.

3.2.1.2.2. Fertilización.

La fertilización es utilizada principalmente para sostener y aumentar la productividad de los suelos y para aumentar la calidad del cultivo. La fertilización del cultivo requiere una formulación basada en resultados del análisis de suelos previamente. Análisis físico, de tejido vegetal y del nivel cítrico de nutrientes en el suelo. Esto debido que la yuca extrae grandes cantidades de nutrientes del suelo como nitrógeno, potasio y calcio.

Existen dos tipos de fertilizantes, fertilizantes químicos y orgánicos. Los primeros se deben aplicar un mes después de la siembra. Se debe repetir la aplicación a los 60 días de la siembra, y estos se usan en suelos que cuentan con alta disponibilidad de agua (FAO, 2007).

Los fertilizantes orgánicos, se pueden aplicar entre los 20-30 días antes de la siembra. Cuando se trata de fertilizantes químicos u orgánicos de difícil disolución en el suelo, se aplican un mes antes de la siembra.

3.2.1.3. Cosecha.

3.2.1.3.1. Cosecha.

El blog Agronomía para todos describe paso a paso la siembra y cosecha de la yuca. Según el artículo publicado por anónimo (2013) la cosecha se lleva a cabo después de unos diez meses de tiempo de crecimiento, este tiempo lo define el agricultor en función de la productividad. Los tubérculos pueden permanecer en el suelo durante unos 18 meses, se debe cortar las yucas más grandes para así poder definir si requieren o no más tiempo. Esta es la etapa final del cultivo.

3.2.1.3.2. Manejo de plagas y enfermedades.

Una vez sembradas las semillas, es necesario realizar un control de malezas con el fin de evitar la pérdida de los nutrientes de la planta. Las malezas se pueden controlar de diferentes formas:

- Control Manual, se utiliza en pequeñas plantaciones y se realiza periódicamente con herramientas manuales para deshierbar hasta que el follaje del cultivo cierra (DANE, 2016). Es necesario hacer varios deshierbes hasta que el follaje cierre completamente para así impedir el crecimiento de malezas debido a que una vez el follaje está cerrado se cierra la entrada de la luz (FAO, 2007).
- Control mecánico, se realiza a través de cultivadoras rotativas o ganchos tirados por animales o tractores, a partir de los primeros 15 a 30 minutos de haber realizado la siembra y hasta que la cobertura del cultivo lo permita (Banco de la República, 2012).
- Control químico, se realiza por medio del uso de herbicidas que evitan el crecimiento de malezas por un periodo de 45-50 días. Se utiliza en cultivos de gran extensión (DANE, 2016).

Las enfermedades en la yuca aparecen debido a hongos y bacterias, estas alteran el color en las hojas y pudren las raíces. Las plagas en el cultivo de la yuca se pueden evitar por medio de implementación de prácticas agronómicas como los cultivos intercalados o mixtos, rotación de cultivos, el uso de material de alta calidad desde el inicio del proceso (Banco de la República, 2012).

Las principales plagas de la yuca son, el gusano cachón, el ácaro verde manchado, el verde, rojo, plano; la mosca blanca, los piojos harinosos, los trips, las chinches, chisas, termitas, hormigas cortadoras y grillos (FAO, 2007). Todos estos animales generan daños en el cultivo, estos se alimentan de las hojas o las estacas y reducen el área foliar, la longevidad y el porcentaje de fotosíntesis (Bellotti, 2002).

Sin embargo, no siempre la presencia de alguno de los animales mencionados, incidirá en la reducción de la producción del cultivo, debido que la planta de yuca puede llegar a soportar cierto porcentaje de daño generado y asimismo la yuca tiene la habilidad de recuperarse (Banco de la República, 2012).

Como medidas de control es recomendable el uso de fungicidas específicos a la enfermedad, evitar cualquier contacto de animales o personas posterior a la exposición en un cultivo enfermo (FAO, 2007).

3.2.1.4. Pos cosecha.

3.2.1.4.1. Selección.

Las raíces cosechadas se clasifican de acuerdo con la magnitud de sus daños físicos, para así determinar si su destino es el consumo fresco o el procesamiento (Hernán, 2013). Esta etapa consiste en la separación de los tubérculos y raíces que presentan problemas fitosanitarios, magulladuras, heridas, daños, pudriciones y otros factores, para determinar el destino del producto (Reina, 1996).

3.2.1.4.2. Clasificación.

Se debe separar el producto por tamaño, peso y color basado en las condiciones generales indicadas en las normas ICONTEC 1255 (2001). La yuca seleccionada se clasifica en tres categorías (A, B y C), según el tipo de raíz y el daño físico recibido.

- Categoría A: Aquellas raíces con un mínimo o ningún daño físico. Aptas para ser tratadas y conservadas
- Categoría B: Aquellas raíces con daños severos. No son aptas para ser conservadas, pero sí comercializadas.
- Categoría C: Son aquellas raíces con daños severos que no son aptas para ser comercializadas.

Una vez seleccionadas los tubérculos deben pasar por un tratamiento pos cosecha, iniciando con el lavado, con el fin de remover la suciedad de las raíces ya sea en seco, con un cepillo o en húmedo con agua a presión. Seguido a esto es el secado, consiste en remover el agua que queda en la superficie de la raíz, este paso puede hacerse por medio de la energía solar, es decir, por medio de una exposición directa al sol, por medio de energía eléctrica donde los tubérculos son expuestos a altas temperaturas con una duración mínima, entre otros métodos de secado.

El tercer paso es el parafinado, ideal para la yuca de exportación, consiste en sumergir el tubérculo en parafina líquida, la cual se encuentra a una temperatura superior a los 100 °C y dejarla secar a temperatura ambiente.

3.2.1.4.3. Empaque.

El empaque de la yuca se realiza en sacos de fique u otro material flexible apropiado, que cumpla con las especificaciones de las normas ICONTEC 1255. Los mejores son los de fique o yute, pues tienen una mayor capacidad y pueden ser reutilizables. Pueden empaquetar la cantidad suficiente, tanto para la compra de yuca fresca como para el almacenamiento y comercialización de trozos secos (Consortio Latinoamericano y del Caribe, 2005).

3.2.1.5. Venta.

3.2.1.5.1. Transporte.

En el proceso productivo de la yuca existen dos momentos fundamentales en el cual el transporte hace su aparición. Inicialmente, una vez la yuca es cosechada se debe transportar a la planta procesadora. Para permitir que la cosecha llegue en buen estado se debe tener en cuenta la manipulación de la misma. Es indispensable cortar las raíces adventicias delgadas y posteriormente se deben transportar en sacos o en cajas de madera o plástico, siendo la yuca organizada de manera horizontal preferiblemente.

Lo ideal es que las cajas sean alargadas y un poco profundas. Se deben tener cuidados de no sobrellenar las cajas ya que, al ser apiladas en las estibas, el peso podría generar daños en los productos y así acelerar el proceso de deterioro. Preferiblemente se debe evitar que la cosecha reciba mucho sol. Adicionalmente los carros transportadores deben tener una muy buena suspensión ya que de lo contrario los bruscos movimientos pueden generar daños en la cosecha. En caso de que las vías por donde la yuca es transportada no se encuentren en su mejor estado, los camiones de carga deberán reducir la velocidad (SENA & CLAYUCA, 2015).

3.2.1.5.2. Almacenamiento.

Para almacenar la yuca es importante mantener una cadena de frío. La refrigeración es la técnica que permite que la yuca se mantenga fresca, para ello los cuartos fríos deben estar a una temperatura entre los 0°C y los 2°C manteniendo la humedad relativa entre 85% y 95%. Siempre las raíces deben ser seleccionadas y previamente lavadas para mantener las condiciones de salubridad. Se enjuagan con cepillos de cerdas suaves para remover el barro. Las temperaturas bajas no permiten que los procesos enzimáticos deterioren las raíces, es ideal guardarlas en bolsas plásticas ya que su conservación será más prolongada.

Una vez la yuca es procesada, las astillas se congelan a -30°C . Posteriormente son almacenadas en cuartos fríos a -18°C (SENA & CLAYUCA, 2015).

3.2.1.5.3. Distribución y venta.

El sistema de comercialización de la yuca en Colombia es ineficiente debido al alto número de niveles de intermediación y a la escasa agregación de valor. Es posible identificar hasta 6 niveles de intermediación en este proceso. El acopiador rural compra la cosecha al productor, que generalmente son campesinos. Con el fin de comercializar la cosecha en las plazas locales regionales o en las centrales mayoristas. El transportador lleva el producto al lugar de venta y volver con el producto de la misma. El centro mayorista funciona como agente de acopio, las plazas locales o regionales sirven de acopio para zonas dispersas, las centrales de abastos y el sector minorista quienes son los que se comunican con grandes superficies, supermercados, fruvers, tiendas, etc.

La yuca en su estado puro sin ser lavada es la forma más comercial en el país. Sin embargo, esta situación se ha convertido en una fuente de agregación de valor donde algunas empresas se han dedicado a hacer procesos de lavado, pelado, congelado, selección, empaque, etc.

Respecto a la comercialización exterior, el comportamiento de las exportaciones es muy irregular. Aún no se ha establecido algo sólido debido a la incapacidad para desarrollar ventajas competitivas. Adicionalmente, hace falta la formación de cultura exportadora, alianzas estratégicas, las buenas prácticas de cultivo y el mal estado de la malla val en el país.

El consumo de la yuca es mayor en el país debido a la preferencia de los consumidores hacia los productos frescos. Los principales destinos de exportación de raíces frescas, congeladas, parafinadas son los Estados Unidos, mientras que los principales países que comprar la fécula de la yuca son Ecuador y Perú.

En el sentido contrario, las importaciones de las raíces de la yuca vienen de Ecuador y la fécula de yuca proviene de Tailandia (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2014).

3.2.1.6. Consumidor final.

3.2.1.6.1. Actividades de soporte.

Para la actividad del consumo de la yuca en Colombia, se han creado varias organizaciones que están pendientes de este sector agrícola tan importante.

Gráfica 5

Integrantes del Consejo Nacional de Cadena de la Yuca

INTEGRANTES CONSEJO NACIONAL DE CADENA DE LA YUCA Y SU AGROINDUSTRIA

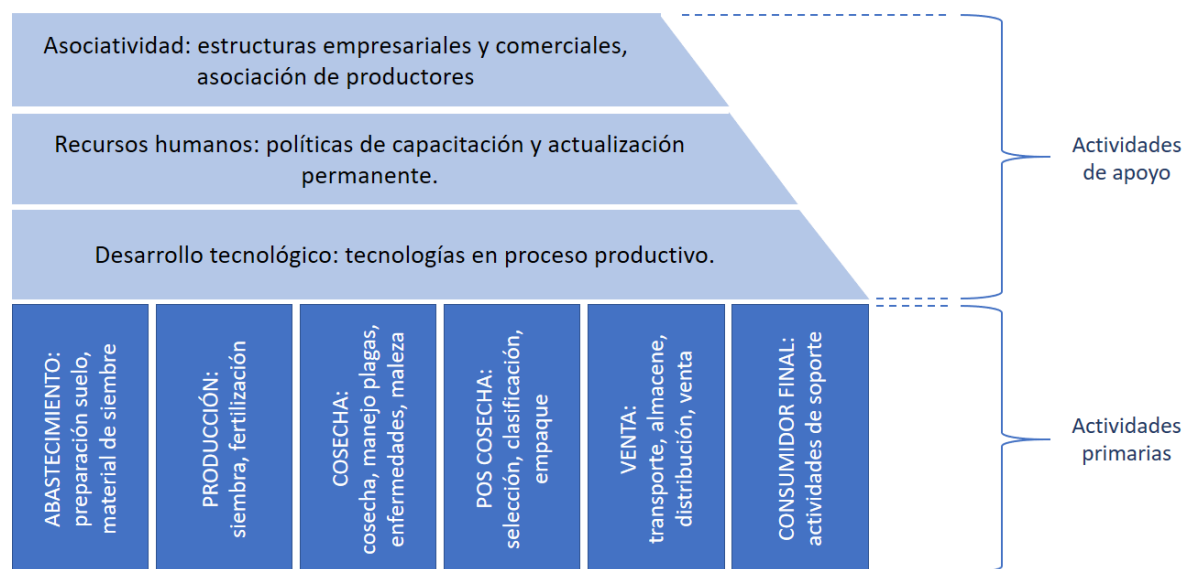


Fuente: Informe de indicadores de la Yuca (MinAgricultura, 2015)

3.2.2. Cadena de valor de la yuca.

Gráfica 6

Cadena de valor de la yuca



Fuente: elaboración propia

3.2.2.1. Descripción de las actividades de apoyo.

3.2.2.1.1. Asociatividad.

El 28 de noviembre de 2014, el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y el Consejo Nacional de la Cadena de la Yuca decidieron dar vía libre al acuerdo de competitividad de la cadena de la yuca, la cual pretende aumentar los rendimientos, los ingresos de los productores y explorar nuevos mercados.

Este Consejo está integrado por la Federación Colombiana de Yuqueros (Colfeyuca), la Universidad del Cauca, Agrollanos, Ingredion, la Empresa de Almidones de Sucre, Congelagro – McCain, la Corporación Clayuca, Corpoica y el sector público representado por la Gobernación del Cauca y el Ministerio de Agricultura.

El Consejo acordó principalmente la constitución de la organización de la Cadena Agroindustrial de la Yuca en Colombia (Cayucol), organización de derecho privado, sin ánimo de lucro, integrada por representantes de los productores, comercializadores, industriales, centros de investigación, academia y el Gobierno, cuyo objetivo principal es mejorar la competitividad y sostenibilidad del sector (Minagricultura, 2017).

Por otro lado, el Gobierno Colombiano ha desarrollado unos programas de apoyo económico y financiero para el sector yuquero en el país. Algunos de ellos son: IEATDR (Incentivo a la asistencia técnica directa rural), Desarrollo rural con equidad “DRE”, Línea Especial de Crédito, Incentivo a la Capitalización Rural, Fondo Agropecuario de Garantías, Apoyo al transporte de yuca seca (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2014).

3.2.2.1.2. Recursos humanos.

Según el Informe de Indicadores de la Yuca en 2015 por parte del Ministerio de Agricultura, se realizaron 5 jornadas crediticias en las zonas productivas en épocas de siembra (marzo y abril). Se realizó promoción y articulación de los productores de Sucre y Bolívar con comercializadores de EEUU para impulsar el comercio internacional de la yuca. Adicional a las jornadas de aseguramiento agrícola con las empresas aseguradoras MAPFRE y SURA. Con la ayuda y apoyo de FINAGRO, se realizaron 2 cursos de capacitación en diferentes aspectos que se relacionan con el manejo del cultivo.

Siguiendo con las estrategias de colaboración, se formularon e implementaron herramientas de comercialización como los contratos forward y cartas de intención de compra, cuya finalidad es asegurar el aprovisionamiento de materia prima al sector industrial. Almidones de Sucre, Ingredion y Congelagro han incorporado este instrumento en su actividad comercial para la maximización de la eficiencia en sus procesos.

3.2.2.1.3. *Desarrollo tecnológico.*

El Ministerio de Agricultura tiene como una de sus funciones “fijar las políticas y directrices sobre investigación, desarrollo tecnológico e innovación para el sector agropecuario”, por tanto, la Dirección de Innovación, Desarrollo Tecnológico y Protección Sanitaria del Ministerio debe liderar el diseño, la evaluación y la aplicación de la política sectorial en CTI y sanidad agropecuaria en el país. En este sentido el Ministerio ha impulsado el desarrollo de cinco iniciativas que están en marcha y sobre las cuales se debe continuar trabajando:

- La construcción social de la Agenda Dinámica de I+D+i como marco para la inversión pública en esta materia.
- El levantamiento de la línea de base del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología Agroindustrial.
- El desarrollo de capital social para la gestión de conocimiento en redes y en sistemas regionales de innovación.
- Fortalecimiento de la Plataforma Siembra (www.siembra.gov.co).
- Desarrollo del seguimiento y evaluación del Sistema.

Específicamente para la yuca en 2015 se evaluaron siete variedades de yuca para la industria establecidas en lotes de una hectárea en los Centros de Investigación para su posterior lanzamiento para las regiones de la Costa Atlántica, Altillanura y el Cauca. Así mismo, se preseleccionaron cinco genotipos de yuca con potencial de uso en la industria con contenido de materia seca estable y > 30%. Se identificó un Clon de yuca de consumo fresco, con contenido de cianuro, seleccionado para evaluar en prueba regional multilocal.

Debido a los efectos causados por el fenómeno del niño la cadena requirió a Corpoica la ampliación del área que se había destinado para la producción de semilla limpia en la costa atlántica pasando de 6 has a 50 has, que se destinarían a la siembra de 5 mil has en los departamentos de Sucre y Córdoba. Por otro lado, se puede utilizar el almidón de yuca para desarrollar nuevas tecnologías en empaques de biopolímeros, aprovechando su material biodegradable.

3.3. Factores críticos identificados

El análisis anterior permite identificar en qué actividades de la cadena de valor se encuentran las capacidades o factores específicos que son claves para generar ventajas competitivas. A partir de las actividades mencionadas en la TABLA 2. Se procede analizar dos de ellas, específicamente Siembra Mecanizada y Preparación y Procesos Industriales. Donde se estudiará la forma en que se lleva a cabo la vigilancia tecnológica de cada una de ellas a nivel Colombia y a nivel mundial en los siguientes capítulos.

A continuación, se presentan las principales actividades de la cadena de valor de la yuca.

Tabla 2

Actividades clave del proceso productivo de la yuca con alta participación tecnológica

| ACTIVIDADES CON ALTA PARTICIPACIÓN TECNOLÓGICA | |
|--|--|
| ACTIVIDAD | JUSTIFICACION |
| Análisis de suelo | Acidez, factores climáticos, humedad del suelo, altura del terreno. |
| Génética y tipos de yuca | Diferenciar los tipos de yuca que existen y los lugares óptimos de producción. Apoyo de los centros de investigación por parte de CLAYUCA, COAT y CORPOICA. |
| Siembra mecanizada | Según informes, el 90% de la siembra de la yuca en Colombia se realiza de manera tradicional. Los costos de producción difieren si la siembra es tradicional o mecanizada. |

| | |
|-----------------------|---|
| Fertilización | Depende el estado del suelo, así mismo el rendimiento de la cosecha. |
| Control de malezas | La cosecha de la yuca se ve afectada frecuentemente por bacterias, hongos, enfermedades y algunos animales. |
| Procesos industriales | La producción de yuca frita, harina de yuca y de chips de yuca frita aportan un destacado porcentaje en la cadena de valor de la yuca |
| Parafinado / encerado | Procesos de alta influencia para la comercialización de la yuca procesada en Colombia. |
| Refrigeración | La duración de la yuca, permite que se comercialice a nivel local o extranjera. Importante es la cadena de frío de la misma. |
| Biocombustibles | Sector que se está desarrollando recientemente y es una alta oportunidad de comercio a futuro. |

Fuente: Elaboración propia basada en informes (Minagricultura, 2015)

4. Desarrollos tecnológicos presentes en la cadena productiva de la yuca en el mundo

Actualmente en la agricultura se han implementado Tecnologías de información y de la comunicación, esto se debe a que el sector ha estado explotando los recursos más rápido de lo que estos pueden ser renovados. Gracias a esta explotación se ha generado un desbalance natural en forma de contaminación, erosión y pérdida de suelos, reducción y cambios en las poblaciones silvestres y una alteración general en los ecosistemas. Por tal motivo el rol de las TIC's es centralizar la gestión y el control de manera que se pueda generar, integrar, sistematizar y diseminar información que permita tomar decisiones productivas, decisiones tales como la cantidad de semillas necesarias para sembrar, el lugar específico para sembrar, el momento indicado para esto, los insumos necesarios a invertir para la cosecha, entre otros factores importantes para los cultivos (Mateos & Rodríguez, 2014).

El uso de las TICs conlleva a mejorar la gestión de las explotaciones de suelos, a volver eficientes los procesos tanto de producción como de comercialización e incrementa los flujos de información, para así tener un mejor conocimiento en las cadenas agropecuarias. Asimismo, el uso de estas genera una mejor gestión de riesgos y evita daños ambientales.

Por otra parte, está la implementación de la biotecnología, una herramienta de control que permite comprobar la fiabilidad de cualquier producto, pues esta herramienta aplicada en el sector agrícola brinda la oportunidad de la modificación genética, para generar cultivos modificados genéticamente y así lograr una mejor eficiencia, pues se tendrá mayor control en cuanto a la salinidad, las plagas, sequías y enfermedades en los cultivos de productos alimentarios (Mateos & Rodríguez, 2014).

En las tres últimas décadas, la biotecnología ha revolucionado la agricultura, el sector y las industrias alimentarias, pues esta herramienta ha contribuido notablemente con avances en genética molecular, ingeniería genética y bioinformática.

4.1. Descripción de las actividades tecnológicas claves identificadas

4.1.1. Siembra mecanizada.

La yuca es un cultivo altamente versátil cultivado por pequeños productores en más de 100 países. En países como Brasil y Tailandia se ha avanzado en el desarrollo de implementación de sistemas de siembra y cosecha mecanizados y se ha reducido apreciablemente el costo de la producción (FAO, 2007).

En algunos países de América Latina, Europa y Asia, están disponibles algunos modelos de sembradoras y cosechadoras mecánicas de yuca con potencial de reducir significativamente estos costos (Corporación Clayuca, 2017).

En República Dominicana tienen como ventaja las relaciones de tratados con países como Taiwan y Japón, que podrían colaborar en la consecución de máquinas para la siembra y para la cosecha de la yuca (Valdez & Hernández, 2014).

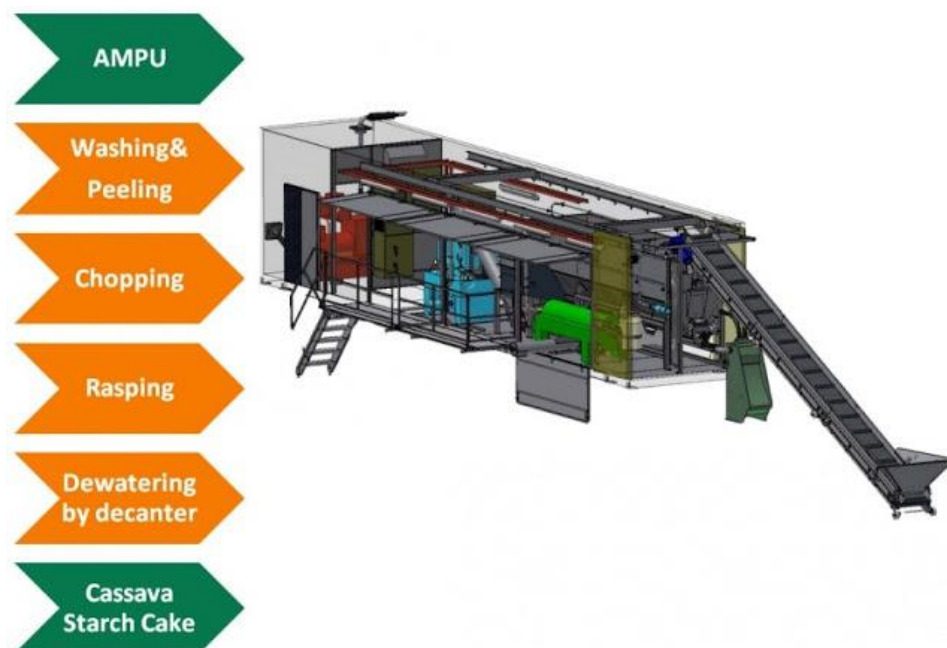
Pequeños agricultores de países como Mozambique, Ghana y Nigeria lograron realizar una comercialización exitosa de la yuca en el año 2011, donde por medio de una invención denominada AMPU (unidad móvil autónoma de procesamiento de yuca), una tecnología de procesamiento dividido que convierte las raíces de yuca en tortas, lograron obtener un eficaz almacenamiento, transporte y comercialización convencional del producto.

El AMPU fue desarrollado por la empresa holandesa DADTCO.

Esta herramienta procesa tubérculos frescos de yuca en pasta de yuca. Todo el proceso móvil se centra en un rallador de alta velocidad. Dicho rallador es del menor tamaño posible que tiene capacidad para liberar el 98% de los gránulos de almidón de los tubérculos. El dispositivo abre las paredes celulares para liberar el almidón. Cuanto más bajo es el

porcentaje de almidón liberado, mayores son las pérdidas de almidón y, en consecuencia, las pérdidas económicas. (Morán, 2017).

Gráfica 7
 AMPU Unidad autónoma de procesamiento móvil



Fuente: Esquema de la AMPU (Morán, 2017)

SABMiller, la segunda compañía cervecera más grande del mundo, fue uno de los primeros compradores. Las tortas de yuca fueron utilizadas por esta empresa para la preparación de sus cervezas. Pero debido a la alta demanda del producto y la falta de oferta la Alianza para una Revolución Verde en África (AGRA) junto con el Instituto de Investigación Agrícola de Mozambique (IIAM) evaluaron las variedades de yuca resistentes a enfermedades, de las cuales cuatro fueron las ideales para ser procesadas por los AMPUs. Es ahora donde se debe evaluar la inversión que se debe realizar para lograr que aproximadamente 100.000 agricultores se integraren con la cadena de suministro comercial de empresas como SABMiller. DADTCO está haciendo una investigación exploratoria preliminar del procesamiento de yuca, para evidenciar que esta inversión puede mejorar las economías rurales y la seguridad alimentaria a través de la expansión de este cultivo (Feed the Future, 2014).

4.1.2. Procesos industriales.

De acuerdo al informe *Cadena de Yuca, Ñame. Indicadores e Instrumentos* para el año 2016 por parte del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural en Colombia los datos de producción de yuca a nivel mundial son los siguientes:

Tabla 3
Rendimiento de Producción de la yuca a nivel mundial

| PAIS | AREA (MILL. HAS) | PRODUCCION (MILL. TON) | RENDIMIENTO (TON/ha) |
|-----------|---------------------|---------------------------|-------------------------|
| | 2015/2016 | 2015/2016 | 2015/2016 |
| Nigeria | 7.977 | 57.000 | 7,1 |
| Tailandia | 2.005 | 33.611 | 16,8 |
| Indonesia | 1.992 | 24.500 | 12,3 |
| Brasil | 1.900 | 24.200 | 12,7 |
| Congo | 1.645 | 15.300 | 9,4 |

Fuente: tomado y adaptado de Informe Indicadores e Instrumentos (MinAgricultura, 2016)

Tomando como base la tabla anterior, se procede a describir el proceso de producción de la harina de la yuca a partir de los principales países productores de yuca en el mundo. Se describirán los procesos productivos de Nigeria, Tailandia y Brasil.

4.1.2.1. Nigeria.

Siendo Nigeria el principal productor de yuca en el mundo, el Gobierno Federal de Nigeria ha buscado de alternativas para el reemplazo de los bienes importados en ese país, la reducción de la dependencia de la importación y la conservación de divisas. Para ello ha tomado la decisión de empezar a producir la harina de yuca como sustituto principal de la harina de trigo, cuyo precio en el mercado internacional está incrementando. Para este objetivo, en Nigeria los productores de yuca se han apoyado en los centros de investigación tales como Institute of Tropical Agriculture (IITA) y en el Federal Institute of Industrial Research Oshodi (FIIRO) donde sus investigaciones han arrojado excelentes resultados en el desarrollo y la tecnología de procesos para la producción de la harina de yuca de alta calidad (Agriculture Nigeria,2014).

En la página llamada Agricultura Nigeria, se describe el proceso de producción una vez las raíces de la yuca son recibidas, así:

- Clasificación y pesaje: se seleccionan los tubérculos con las raíces más sanas y se pesan.
- Pelado: las raíces que ya han sido seleccionadas se pelan de manera manual para poder reducir la gran pérdida de materia prima realizada con los peladores mecánicos. Esto se debe a la forma tan irregular de la yuca.
- Lavado: las raíces se lavan para retirar la arena, suciedad o cualquier otro contaminante.
- Rejilla: la raíz es rallada hasta convertirla en puré de yuca.
- Desintoxicación: el puré obtenido se desintoxica mecánicamente en un agitador de puré durante un período para que el cianuro de hidrógeno sea eliminado.

- Deshidratación: el contenido de agua o humedad en el puré se reduce hasta en un 50% mecánicamente con una *prensa hidráulica* para preparar la materia para la operación de secado.
- Granulación: La torta resultante del proceso de deshidratación se desintegra en gránulos finos usando un *molino de martillos*.
- Secado: El proceso de granulación es seguido por una operación de secado para producir harina de yuca de calidad deseada, utilizando un *secador de destello*.
- Fresado: La harina obtenida se muele hasta el tamaño de partícula deseado.
- Tamizado y Embalaje: La harina es tamizada y empaquetada apropiadamente.

4.1.2.2. Tailandia.

En Tailandia, la yuca (*Manihot esculenta Crantz*) se considera uno de los cultivos económicos más importantes con una producción anual de alrededor de 25 millones de toneladas. La producción de yuca ha aumentado constantemente, principalmente a través de un incremento de productividad (de 15,63 toneladas / hectárea en 2001 a 22,93 en 2007) (Royal Institute of Thailand, 2011).

La yuca se cultiva no sólo como cultivo de subsistencia de los pequeños agricultores sino también como cultivo agroindustrial con una industria y un mercado bien desarrollados. Las raíces ricas en almidón de la yuca se han utilizado como materia prima para producir una gran cantidad de productos de alto valor añadido incluidos el almidón, el almidón modificado, los edulcorantes y los derivados para productos alimenticios y no alimenticios aplicaciones.

La primera etapa del desarrollo de la industria del almidón de yuca es principalmente en las fábricas de escala rural. El proceso implicaba retirar raíces frescas, mezclar con agua, seguido por

sedimentación y secado al sol (o calentamiento conductivo), el producto producido se denominaba tradicionalmente como *cassava o cassava flour*. La demanda de almidón de yuca aumentó dramáticamente y, posteriormente, llevó al desarrollo del proceso de fabricación moderno del almidón en Tailandia.

Actualmente, existen 79 fábricas modernas de almidón, que operan con procesos mecanizados para la separación (por ejemplo, centrífuga de deshidratación) y secado (por ejemplo, secador de flash) con la producción total de almidón de 15-17 millones de toneladas anuales (capacidad de producción de 23.500 toneladas de almidón / día) (Royal Institute of Thailand, 2011). El tiempo de procesamiento (de la rejilla de raíz fresca a secado) se estima que es menor de 30 minutos. Alrededor del 50% del almidón se utiliza en el mercado interno y el resto se destina a los mercados de formas incluyendo nativas, modificadas e hidrolizadas (por ejemplo, edulcorantes, alcoholes de azúcar, aminoácidos, ácidos orgánicos). Se esperan futuras exportaciones de almidón de yuca para aumentar debido al crecimiento del sector industrial global y los mercados de almidón.

El proceso moderno, practicado en las fábricas de gran y mediana escala, depende del número de equipos y máquinas altamente eficientes. Un kilogramo de harina de yuca se obtiene de 4,4 kilogramos de raíces frescas de yuca y un contenido de almidón del 25% (Thai Tapioca Association, 2012). La molienda del almidón se realiza con el *rasper* de alta velocidad. A continuación, se extrae la proteína por la máquina llamada *decanter*. Se separa el agua por la "Centrífuga". Luego se seca la torta en el secador de flash. Este proceso requiere sólo un corto período de tiempo y proporciona una calidad superior de almidón. El proceso se puede describir en 8 pasos como sigue según los parámetros de producción de la *Thai Tapioca Starch Association*:

- Pesar las raíces frescas de la yuca para determinar el porcentaje de almidón.
- Remover la arena y las impurezas en el *rotary screener*.
- Las raíces se colocan en el dispositivo de limpieza y pelado para luego cortar las colas de las raíces.

- Las raíces pasan al *rasper* y al *decantor* para remover la proteína.
- La proteína se seca al sol.
- Se separa la fibra fina de las impurezas por medio de un centrífugo.
- El almidón se hace pasar a través de la columna de secador de aire caliente.
- El almidón pasa a través de la criba y se empaca el polvo fino en los sacos para la venta.

4.1.2.3. Brasil.

La fábrica industrial se compone principalmente de pequeñas y medianas empresas (PYME), cuyo impacto socioeconómico es ampliamente reconocido y el desarrollo, tanto para Brasil como para muchos otros países del Sur, un tema de primera magnitud.

Entre los diversos sectores, el de la yuca es altamente representativo de la gran diversidad tecnológica que se encuentra en Brasil, sus tradiciones y potencialidades profundamente arraigadas. Brasil siempre ha sido un importante productor de yuca, con una amplia variedad de sistemas de cultivo, desde el cultivo en el patio trasero, la agricultura tradicional de los pequeños agricultores en las zonas semiáridas de las regiones Nordeste (noreste) o Amazónica, cultivo en el sur de Brasil. Allí, la siembra y la cosecha son semi-mecanizadas y la yuca se cultiva junto a la soja, el maíz y los frijoles. Sea cual sea el tipo de zona agroecológica, la yuca es un cultivo seguro, lo que garantiza a los agricultores una fuente de ingresos, independientemente de los altibajos climáticos. La misma diversidad que se encuentra en los métodos de cultivo también está presente en los sistemas de procesamiento y comercialización. El espectro tecnológico es extremadamente amplio, desde *casas de farinha* en el norte, produciendo varios cientos de kilos de harina al día hasta los molinos de almidón de Paraná, capaces de procesar 500 toneladas de raíces por día (International, 2001). Los productos derivados de la yuca varían ampliamente de una región a otra, pero la *farinha*, una especie de harina de yuca utilizada para acompañar muchos platos tradicionales, sigue siendo dominante.

Sin embargo, hasta ahora, el sector sólo ha recibido muy poco apoyo institucional en materia de investigación y desarrollo (I + D) o asistencia tecnológica. La creación, bajo los auspicios de la Universidad del Estado de Sao Paulo, de la Universidad Estadual Paulista (UNESP) de un centro de raíces tropicales, Centro de Raízes Tropicais (CERAT), reúne a investigadores, promotores, para dotar al sector de un instrumento de apoyo para su desarrollo.

Como se mencionó anteriormente, la *farinha* sigue siendo el principal producto obtenido de la yuca. Sin embargo, es difícil clasificar la *farinha* como un solo producto, ya sea en términos del artículo acabado, que varía ampliamente en aspecto (tamaño de partícula, color) y sabor (crujiente, tostado, ligera fermentación, nivel de cocción) o en términos de los diferentes niveles de tecnología empleados en *casas de farinha* del Nordeste y en *farinheras* en el sur del país. Sin embargo, el procedimiento incluye las mismas etapas: lavado, pelado, pelado (en las unidades de producción más rústicas), rejilla, prensado y tamizado, cocción o tostado y posiblemente molienda y tamizado.

En las regiones amazónicas, las raíces enteras pueden enriquecerse (como *farinha de agua*, o como harina de agua) o la pulpa fermentada.

La producción de *farinha* en el norte de Brasil tiene lugar en *casas de farinha*, de las cuales se calcula que son alrededor de 400.000 en el país. Se trata, por lo general, de empresas familiares, con capacidad para producir de dos a tres sacos de 60 kg de harina al día en el caso de los más pequeños, mientras que los más grandes producen hasta 2.000-3.000 kg al día (International, 2001). El prensado se realiza en prensas de madera tradicionales de un día para otro. Las unidades pequeñas se encuentran en desventaja cuando se trata de la etapa de secado / tostado del proceso, ya que se trata de sacar la *farinha* a mano sobre una placa circular de acero, requiriendo 3-31 / 2 horas para un lote de unos 90 kg de *farinha*. Sin embargo, muchas *casas de farinha* tienen hornos en los que la pulpa es alimentada y lanzada mecánicamente. Las familias que no tienen su propia *casa de farinha*, llevan su yuca a una unidad vecina, pagando al dueño en especie, con parte del producto final.

En el sur de Brasil, todas las operaciones están mecanizadas, con capacidad para procesar hasta 50 toneladas de raíces frescas por día. El equipo utilizado es construido localmente o elaborado

por los propios empresarios, con un proceso de enjuague continuo, rejillas, prensas hidráulicas, equipos de molienda-tamizado y hornos planetarios. La maquinaria es de ninguna manera reciente en el diseño e incluso el más nuevo farinha todavía utiliza esta tecnología. Así, de acuerdo al sitio web Bioline International, en el estado de Sao Paulo solamente, la farinha es producida por cerca de 110 empresas, empleando a más de 1.500 personas, con la producción de 190.000 toneladas por año.

5. Desarrollos tecnológicos presentes en la cadena productiva de la yuca en Colombia

5.1. Descripción de las actividades tecnológicas claves identificadas

Con base en la tabla 2, actividades con alta participación tecnológica en el proceso productivo de la yuca se presentarán los desarrollos tecnológicos en Colombia de las siguientes actividades: siembra mecanizada y preparación y procesos industriales.

En Colombia, el 90% de la siembra de la yuca es por medio de mecanismos tradicionales mientras que el 10% restante es por medio de la siembra mecanizada. Se debe tener en cuenta que la siembra de yuca en Colombia se da en distintas regiones del país que cuentan a su vez con condiciones climáticas diferentes y no todos propietarios de las tierras tienen la misma capacidad financiera para invertir en la tecnificación de esta práctica de cultivo. Adicionalmente, según un informe por parte del Ministerio de Agricultura para el año 2012, los costos de producción de la yuca en Colombia difieren dependiendo la forma de siembra utilizada. De acuerdo a los estimativos de Clayuca, para un cultivo de yuca, el paso del cultivo tradicional a la utilización de siembra y cosecha mecanizada implica una reducción promedio del 10.7% por tonelada en costos de producción (Minagricultura, 2012).

En el mismo informe del Ministerio de Agricultura (2012) se menciona que los procesos industriales llevados a cabo por parte de la industria de la yuca, específicamente los relacionados a producción de croquetas de yuca, chips, harina, entre otros; son los procesos que le agregan el

mayor valor a la cadena productiva. A pesar de que en Colombia la comercialización de yuca se realiza principalmente en plazas locales y minoristas, la presentación más común es la yuca sin lavar y sin procesar. Esto permite ver la necesidad de la mejora de los procesos industriales para que la cadena de valor de la yuca aumente y permita alcanzar más acuerdos comerciales tanto nacional como internacionalmente.

5.1.1. Siembra mecanizada.

La introducción de mecanización en el sector agrícola, tiene como objetivo ofrecer condiciones óptimas para el desarrollo del cultivo de la yuca en todas las etapas de su ciclo de vida.

Una de las principales necesidades de la agricultura colombiana es la mecanización del cultivo de la yuca. Sin embargo, la inversión inicial en maquinaria es la parte crítica para todo agricultor, debido que actualmente no hay una oferta tecnológica amplia de maquinaria en el mercado local ni en el internacional (Ospina, García & Alcalde, 2002).

Con la adecuada mecanización del sector agrícola, se puede evidenciar una reducción directa de la mano de obra, de costos de producción, del tiempo que gasta cada trabajador en la siembra manual por unidad de área, y del costo final del producto. La consecuencia de esto es aumentar el área sembrada y justificar la inversión inicial de la maquinaria agrícola implementada (Ospina et al., 2002).

Según la Corporación Clayuca (2017), la siembra manual usualmente requiere entre 6-8 trabajadores que trabajan entre 6-8 horas diarias, mientras que con las máquinas sembradoras se requieren dos jornales que siembran entre 5-7 horas diarias. Demostrando así una alta reducción en costos de mano de obra. Adicionalmente esta organización estima que para un cultivo, el cambio de la siembra y cosecha manual a una operación mecanizada implica una reducción en los costos de producción de un 10,7% por tonelada.

El ministerio de agricultura colombiano ha desarrollado varios proyectos para soportar la actividad agropecuaria en diferentes departamentos del territorio colombiano. Entre estos

proyectos está el “Proyecto municipios de Tumaco y Llorente, Nariño punto transitorio de normalización”, el cual tiene como objetivo dotar de maquinaria agrícola a las veredas de Tumaco, para la producción y comercialización de yuca (Minagricultura, 2016-2017).

En los últimos años, ha aumentado el mejoramiento de las variedades de yuca para América Latina, con el fin de contribuir a la seguridad alimentaria en Colombia y otros principales países productores de yuca (Ceballos, 2016).

Como se mencionó anteriormente, la variedad de maquinaria para el cultivo de la yuca está muy limitado, actualmente la maquinaria necesaria utilizada para las actividades de la cadena productiva de la yuca son las siguientes:

- **Tractor:** Para la preparación del suelo en terrenos planos es necesario contar con un tractor. Lo primero que se debe hacer es un corte con disco o rastra, para así romper y ajustar el terreno, mejorando la aireación y penetración del agua al suelo. De 4 a 10 días después del corte del área, debe realizarse uno o dos pases de rastra, para así dejar el terreno en condiciones favorables para realizar el surqueo y el mureo, el cual consiste en facilitar el movimiento del agua. Esta operación se realiza para sembrar en hileras simples, con equipos especiales. Donde las “canales” están separadas a 1-1.30 metros de distancia y la altura de los muros debe ser de 0,50 a 0,70 metros (Valdez & Hernández, 2014).
- **Sembradora de Yuca:** Para la siembra de la semilla de yuca, esta máquina se encarga de realizar el corte de la cobertura vegetal, la penetración y apertura del surco controlando la profundidad de las semillas y compactando el surco. La dosificación y distribución de semillas y abonos.

Esta máquina consta de un chasis o bastidor, una estructura metálica que soporta los demás elementos de la máquina; ruedas, un sistema de enganche, pues está se puede enganchar a un tractor o un animal; mecanismo de accionamiento una rueda que al girar durante el desplazamiento de la máquina transmite el movimiento a las piezas de la caja de distribución, la caja de distribución, una tolva que es el depósito donde se acumulan las semillas previo a la distribución, el distribuidor, tubo o bajante es el tubo por el que pasan

las semillas al surco, el surcador que es el mecanismo que abre el surco u hoyo en el suelo donde caen las semillas, el tapador a cargo de cubrir con tierra el surco y el compactador que se encarga de compactar ligeramente la tierra garantizando un mejor contacto de esta con las semillas (EcuRed, 2011).

- Cosechadora de Yuca: Esta máquina fue diseñada para romper el suelo y soltar las raíces de yuca dejándolas semidescubiertas, lo cual permite una fácil extracción manual del producto. Esta máquina consta de una cuchilla horizontal con dos soportes en sus extremos, las cuales funcionan como una cuna al penetrar en el suelo. Al igual que la máquina sembradora, la máquina cosechadora debe engancharse al tractor o animal, para poder realizar la operación (Durán, 1979).

Actualmente el Sena, la Fundación Promotora Canal del Dique, el Centro Internacional de Agricultura Tropical (Ciat) y el Consorcio Latinoamericano y del Caribe de Apoyo a la Investigación y al Desarrollo de la Yuca (Clayuca), elaboraron un proyecto cuyo objetivo es fortalecer la seguridad nutricional de los pobladores del departamento de Bolívar y ayudarles a generar mayor ingresos, por medio de capacitaciones a los campesinos del municipio de Mahates, que tienen cultivos aptos para sembrar las semillas mejoradas que aseguran tubérculos con altos contenidos nutricionales (Periódico Sena, 2017).

El objetivo de las capacitaciones es lograr que los campesinos del municipio siembren las semillas en sus cultivos y así obtener mayores volúmenes y mejor calidad del producto. Una vez la cosecha esté lista, se iniciará la recolección de la yuca, la cual será llevada a los laboratorios del Centro Agroempresarial y Minero para ser así procesada y transformada en harina, producto que sirve como materia prima para la fabricación de varios productos alimenticios (Periódico Sena, 2017).

5.1.2. Procesos industriales.

Existen muchos tipos de procesamientos industriales a partir de la yuca, por ejemplo: parafinado, encerado, obtención de harina de yuca, croquetas de yuca, biocombustibles, entre otros.

5.1.2.1. Harina de yuca.

Este producto se está utilizando recientemente como un sustituto de harinas obtenidas a partir de ciertos cereales (arroz, trigo, maíz). Esto ha hecho que muchas empresas del sector privado quieran impulsar proyectos industriales para la obtención de este producto. La harina producida a partir de la yuca tiene usos de consumo humano, animal y también en otros procesos industriales como pegantes, donde el valor agregado aumenta. Las principales ventajas de la yuca son su mayor eficiencia en la producción de carbohidratos en relación con los cereales y su alto porcentaje de almidón contenido en la materia seca (Rica, 2013).

La calidad de la harina depende de la tecnología que se utiliza en su proceso de producción, añadiendo que la materia prima debe ser una cosecha con altos estándares de calidad. Dentro de los principales requerimientos en la cosecha de la yuca se encuentran: contenido de humedad o materia seca, contenido de cianuro, contenido y calidad del almidón. Para ello se deben tener en cuenta los componentes principales de la yuca: **cáscara, pulpa y fibras centrales**. De acuerdo a la publicación en su cartilla *Producción y Usos de Harina Refinada de Yuca* por parte de Clayuca, la cáscara está formada por la unión del peridermo y la corteza, cuya función principal es la de cubrir la yuca. Normalmente sus colores se caracterizan por ser crema oscura, café claro y café oscuro; la textura es rugosa o lisa. La pulpa es la parte utilizable de la raíz, es una masa sólida que se compone por tejido secundario del xilema cuyas células son ricas en almidón en forma de gránulos redondos. Por último, las fibras centrales cuya dureza, longitud y dureza son variables dependiendo de las condiciones en las que la raíz se plante.

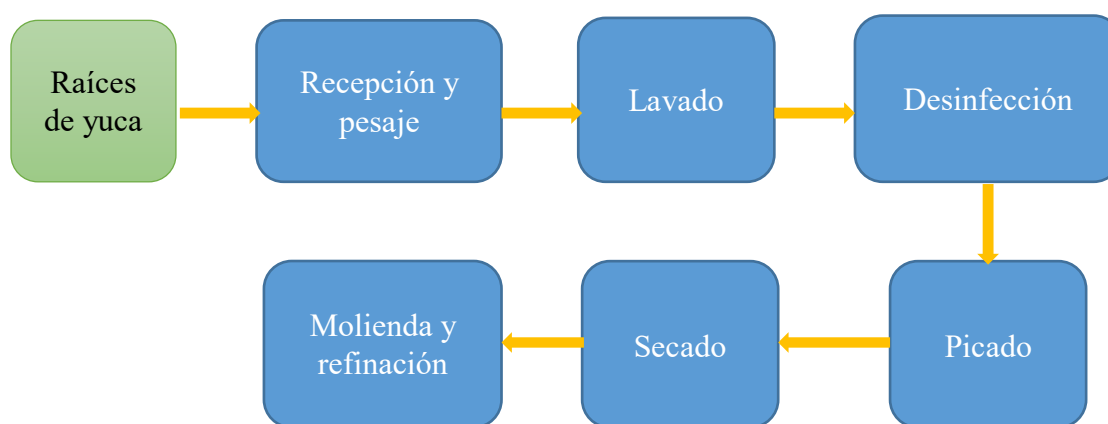
La cáscara representa entre el 20-25% del peso total de la raíz, la pulpa representa un 80-85% aproximadamente. Las proporciones de proteína, grasa y fibra se encuentran en la cáscara mientras

que los carbohidratos en la pulpa. La yuca fresca es un tubérculo que tiene alto contenido de agua, alrededor de 2/3 y una gran cantidad de almidón (1/3) (Clayuca, 2015).

La humedad es un factor clave en la calidad de las raíces, porque de acuerdo a modelos financieros se ha demostrado que la humedad inicial se debe manejar con mucho cuidado para que se obtenga una buena rentabilidad en el proceso. Adicionalmente, es mucha la cantidad de agua que se pierde durante el proceso de secado de la yuca.

El proceso de la obtención de la harina de la yuca es el siguiente:

Gráfica 8
Proceso de obtención de la harina de yuca



Fuente: Adaptado de la Cartilla de Producción de Harina de Yuca, Clayuca

5.1.2.1.1. Recepción y pesaje.

Para la realización de este procedimiento, se debe tener en cuenta que las raíces deben ser transportadas en el menor tiempo posible a la planta. Esto debido a que en un lapso mayor a 48 horas la yuca empieza a mostrar signos de deterioro. En la recepción cumple un papel importante la inspección de las raíces, puesto que allí es donde se verifica que no haya cúmulos de tierra, piedras u otros. Posteriormente, se depositan 200 kg de yuca en la tolva donde la inspección

mencionada anteriormente es realizada. Luego las raíces pasan a una desarenador donde se puede eliminar hasta un 60% de la cascarilla (Clayuca, 2015).

5.1.2.1.2. Lavado.

Este proceso se realiza en un cilindro rotatorio por partes, que va moviendo las raíces mientras estas se lavan con agua a presión. El tambor posee perforaciones que permiten la salida del agua y de los residuos sólidos. Este aparato cuenta con una tolva de carga y descarga, con un tanque de agua para reutilizarla. Se llega a utilizar 1m³ de agua por cada tonelada de yuca, pero diariamente se utiliza sólo la mitad.

5.1.2.1.3. Desinfección.

La solución utilizada para este proceso es hipoclorito de sodio, la cual se diluye en agua para poder retirar los residuos que hayan quedado.

5.1.2.1.4. Picado.

Los cortes de la yuca deben ser uniformes para que los estándares de calidad sean cumplidos, adicional a ello deben ser cortes pequeños que permitan a la yuca tener más adelante un buen proceso de secado. Se usa para este proceso una picadora, que contiene un disco trozador ensamblado verticalmente a una estructura que soporta el eje del disco.

5.1.2.1.5. Secado.

Para este procedimiento se utilizan secadores con aire caliente en circulación directa a través de una capa o lecho fijo. Esta máquina contiene un piso falso de lámina perforada sobre el cual se coloca el producto, mientras que un ventilador hace que el aire caliente circule. Previamente se calienta el aire con un quemador de combustible conectado por medio de ductos. Se revuelve el

producto constantemente para que el secado sea uniforme. La temperatura, el flujo y la humedad del aire son variables determinantes en el tiempo de secado que puede ir de 10 a 12 horas (Rica, 2013).

5.1.2.1.6. Molienda y refinación.

Los trozos secos (con 10–12% de humedad) son alimentados mediante un sinfín al premolador (molino de martillos) provisto de una criba con malla de 6 mm. En esta etapa, los trozos se reducen de tamaño y pasan a las tamizadoras provistas con una malla de 180 micras, de acuerdo con la abertura de la malla, se separan pequeños materiales de cáscara, cascarilla y fibra que componen el ripio, el cual se extrae como subproducto y es utilizado generalmente en alimentación animal. El material que logra pasar por la malla es succionado por un ventilador que lo transporta a los ciclones recolectores (Clayuca, 2015).

Por otro lado, la calidad de la harina se mide por los siguientes aspectos: las disposiciones legales de sanidad, composición y la aceptabilidad por parte del consumidor o comprador. Según el informe de Clayuca sobre el proceso de la harina de yuca, la norma de calidad que rige en Colombia para la yuca seca destinada al consumo humano es la Norma Técnica Colombiana NTC 2716, expedida por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). Adicionalmente las buenas prácticas de manufactura están reguladas por el Decreto 3075 de 1997 por parte del INVIMA (Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos). A nivel mundial la norma rige a partir de CODEX STAN 176-1989 por la Comisión del Codex Alimentarius.

En los estudios realizados por Clayuca (2015), las aplicaciones de la harina refinada de la yuca para el desarrollo de diferentes productos alimenticios han arrojado los siguientes resultados:

Tabla 4

Aplicaciones de la harina de yuca en la industria

| MERCADO | PRODUCTO | MATERIA PRIMA SUSTITUIDA | | | | | VENTAJAS |
|------------|-----------------------------|--------------------------|-----------------|-------------------|---------|-----------|-------------------------------|
| | | Harina de trigo | Arroz | Maíz | Plátano | Almidones | |
| Alimentos | Panadería | X | | | | | Menor costo |
| | Mezcla para coladas y sopas | X | X | X | X | | Mayor rendimiento |
| | Snacks | X | X | X | | | Menor costo |
| | Carnes procesadas | X | | | | X | Mejor calidad |
| MERCADO | PRODUCTO | Almidón de maíz | Harina de arroz | Jarabe de maltosa | Papa | -- | VENTAJAS |
| Industrial | Cerveza | X | X | X | | | Menor costo |
| | Adhesivos | X | | | X | | Menor costo |
| | Plásticos biodegradables | X | | | X | | Mejor estabilidad estructural |

Tomada y adaptada del informe Clayuca (2015)

6. Conclusiones

Como se pudo demostrar con el actual trabajo, la yuca constituye una de las fuentes más importantes de energía en las regiones tropicales del mundo. Este cultivo es una base de alimentación para la población rural en América Latina y una alternativa de comercialización en centros urbanos gracias a su adaptación a diversos ecosistemas, su potencial de producción, la diversidad de sus mercados y sus usos finales tales como: almidones modificados (utilizados en la elaboración de productos alimenticios, bebidas, industria farmacéutica y el sector industrial en el papel, cartón, textiles, adhesivos y biopolímeros), almidón natural (utilizado principalmente en la elaboración de productos alimenticios), almidón agrio usado en el sector de panadería y repostería, yuca seca destinada a la preparación de alimentos balanceados para animales como un sustituto del maíz, alimentación humana en la industria de croquetas y chips, y finalmente biocombustibles como el etanol.

Por las razones anteriores, la yuca es un cultivo altamente versátil cultivado por pequeños productores en más de 100 países. La situación actual en Colombia evidencia que para que este pueda crecer es necesario priorizar las tecnologías y para su implementación es importante basarse en las demandas del consumidor, en el desarrollo de procesos industriales, la innovación en productos alimentarios intermedios y alimentos funcionales como el ejemplo de las tortas ofrecidas a SABMiller, evaluar el ciclo de vida de la yuca, la legislación y las tecnologías de información para tener un mayor control y una mejor vigilancia tecnológica de la cadena productiva del cultivo. Tras las consideraciones generales, se pueden obtener las siguientes conclusiones referentes a la estructuración de la cadena, y el enfoque en la tecnología de estas:

- El entorno tecnológico es considerado un factor estratégico y por tanto debe hacer parte de los ejercicios de planificación a mediano y corto plazo, pues promueve cambios en los procesos productivos como: flexibilización de los procesos, explotación de sistemas de comunicación, incremento en la inversión de actividad de investigación y desarrollo, reducción del ciclo de vida de los productos y aumento de la importancia de procesos de innovación más que la producción en masa (Escorsa & Valls, 2003).

- El estudio de una cadena productiva requiere de varias variables para poder establecer qué tan efectiva o no es la cadena, en el caso de la cadena productiva de la yuca se puede evidenciar cómo se está desarrollando actualmente y las falencias que aún se tienen. Es necesario realizar estudios de vigilancia tecnológica en la misma para poder determinar las mejoras que se pueden implementar.
- Una oportunidad para los pequeños productores es aliarse con proveedores estratégicos de multinacionales que pueden ofrecer una alta inversión para mejorar la cadena productiva de la yuca y así mismo potencializar sus cadenas de suministro. Si esto se logra será posible incrementar la calidad del producto, incrementar el nivel de producción y generar empleo.
- Es importante tener en cuenta el estado actual del cultivo de la yuca tanto a nivel nacional como internacional y evidenciar qué ventajas trae invertir en el sector. Pues actualmente el cultivo no ha crecido debido a la falta de formación y transferencia de conocimiento a los pequeños productores. A los altos costos de insumos y servicios como distribución y transporte que estos productores no pueden asumir por falta de capital. Al difícil acceso de maquinaria y tecnificación y a la alta competencia que se tiene con países como Brasil y Ecuador para la comercialización formal del producto.
- Por otro lado, en los procesos industriales de producción de la harina de la yuca, tomando como referencia los principales productores de yuca en el mundo; Colombia debería seguir el ejemplo de Nigeria. Un país que ha decidido invertir en la investigación y mejora de la producción de la harina de la yuca como un sustituto importante y más económico que el arroz o el maíz, para reducir su dependencia a las importaciones y el mercado internacional. Colombia actualmente importa altas cantidades de almidón de yuca, y una alternativa para disminuir esa dependencia es la tecnificación y los incentivos para que más empresarios entren en el mercado de la harina de la yuca. Además, que incursionando en este mercado a futuro, el valor agregado de la cadena productiva de la yuca en general se vería incrementado en un alto porcentaje; llevando así a Colombia a tomar provecho de los futuros tratados de libre comercio en el mundo.

- A pesar de que la investigación relacionada a las semillas de la yuca es muy baja, donde se puede evaluar la mejor opción para las diferentes zonas del país y del cambio climático en Colombia. Cabe resaltar que se está trabajando en este cultivo, donde la constitución de la organización de la Cadena Agroindustrial de la Yuca en Colombia (Cayucol), tiene como objetivo principal mejorar la competitividad y sostenibilidad del sector (Minagricultura, 2017).

A partir del análisis de la cadena productiva de la yuca se pueden hacer futuras investigaciones que permitan analizar en detalle el estado de vigilancia tecnológica de la agroindustria colombiana. Y adicional a esto se han creado organizaciones como CLAYUCA, ANNPY, MANDIOCA, CORYUMET, CIAT, ARDECAN, SOLLA, CONTEGRAL e ITALCOL entre otras, cuyo fin es promover la innovación tecnológica y el desarrollo agroindustrial ecoeficiente, sostenible y competitivo del cultivo de la yuca.

BIBLIOGRAFÍA

- Alfonso, K. (10 de Agosto de 2017). *La República: Los cultivos de maíz y yuca fueron los que más crecieron durante el año pasado*. Recuperado de <https://www.larepublica.co/economia/los-cultivos-de-maiz-y-yuca-fueron-los-que-mas-crecieron-durante-el-ano-pasado-2535214>
- ANDI. (2017). *ANDI: Colombia balance 2016 y perspectivas 2017*. Recuperado de <http://www.andi.com.co/Documents/Documentos%202016/ANDI-Balance%202016-Perspectivas2017.pdf>
- Anónimo. (2013). *Agronomía para todos: Cómo cultivar la yuca*. Recuperado de <http://agricultura101.com/2011/11/como-cultivar-la-yuca/>
- Asociación Colombiana de Fondos de Capital Privado (ColCapital). (Junio de 2015). *Colcapital.org: Informe sectorial Sector Agroindustrial*. Recuperado de <http://www.colcapital.org/wp-content/uploads/2016/02/iii.-Informe-Sectorial-Agroindustrial.pdf>
- Association, T. T. (2012). *Thai Tapioca Starch.org: Tapioca Starch Processing*. Recuperado de http://www.thaitapiocastarch.org/en/information/learning_industry/tapioca_starch_processing
- Banco de la Republica. (Enero de 2012). *Banrep: Documentos de trabajo sobre Economía Regional*. Recuperado de http://www.banrep.gov.co/sites/default/files/publicaciones/archivos/dtser_158.pdf
- Banco de Occidente. (Diciembre de 2016). *Banco de Occidente: Análisis macroeconómico y sectorial: coyuntura y perspectivas*. Recuperado de <https://www.bancodeoccidente.com.co/wps/wcm/connect/banco-occidente/f8411dc4-0d99-47aa-956e-6b9074920976/INFORME-ESPECIAL-BANCO-OCCIDENTE-2016.pdf?MOD=AJPERES>
- Bellotti, A. C. (2002). *El Manejo Integrado de las Plagas principales en el Cultivo de la Yuca*. Recuperado de http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/ipm/pdfs/curso_corpoica_bellotti.pdf
- Castellanos, O., Rojas, J., Villarraga, L., & Ustate, E. (2001). *Revista Innovar/Competitividad y Gestión: Conceptualización y papel de la cadena productiva en un entorno de*

- competitividad*. Recuperado de <http://www.bdigital.unal.edu.co/26763/1/24422-87613-1-PB.pdf>
- Castro, J. G. (2008). *Revistas UExternado: Cadenas Productivas. Enfoques y Precisiones Conceptuales*. Recuperado de revistas.uexternado.edu.co/index.php/sotavento/article/download/1602/1441
- Ceballos, H. (2016). *CIAT*. Recuperado de <http://ciat.cgiar.org/outcome/una-raiz-que-une-socios-la-yuca-en-colombia/?lang=es>
- CEPAL, FAO, IICA. (2015). *FAO: Perspectivas de la agricultura y del desarrollo rural en las Américas: una mirada hacia América Latina y el Caribe 2015-2016*. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-i6606s.pdf>
- Clayuca. (Septiembre de 2015). *Clayuca.org*. Recuperado de http://www.clayuca.org/sitio/images/publicaciones/cartilla_modulo_5_produccion_harina_refinada.pdf
- Cofece, Comisión Federal de Competencia Económica. (2015). *COFECE: Reporte sobre las condiciones de competencia en el sector agroalimentario*. Recuperado de https://www.cofece.mx/cofeca/images/Estudios/COFECE_reporte_Agro.pdf
- Consortio Latinoamericano y del Caribe, d. A. (Noviembre de 2005). *Tecnologías para el manejo Psocosecha del Cultivo de la Yuca*. Recuperado de <http://ciat-library.ciat.cgiar.org:8080/jspui/bitstream/123456789/6655/1/poscosecha.pdf>
- Corporación Clayuca. (2017). *Clayuca: Mecanización del cultivo*. Recuperado de Mecanización del cultivo : <http://www.clayuca.org/sitio/index.php/produccion/mecanizacion-del-cultivo>
- DANE. (Abril de 2016). *Boletín mensual Insumos y Factores Asociados a la Producción Agropecuaria*. (46). Recuperado de https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/sipsa/Bol_Insumos_abr_2016.pdf
- Durán, A. D. (1979). *Un implemento para cosechar la Yuca*. Recuperado de http://ciat-library.ciat.cgiar.org/ciat_digital/CIAT/books/historical/149.pdf
- EcuRed, Conocimiento con todos y para todos. (2011). *EcuRed*. Recuperado de <https://www.ecured.cu/Sembradora>

- Escorsa, P., Valls, J. (2003). *Scinnovation: Tecnología e innovación en la empresa*. Recuperado de <http://scinnovation.cn/wp-content/uploads/soft/100916/6-100916225I2.pdf>
- Estupiñan, F. (07 de enero de 2017). Más sombras que luces para el agro en el 2017. *El Espectador*. Recuperado de <https://www.elespectador.com/noticias/economia/mas-sombras-luces-el-agro-el-2017-articulo-673662>
- FAO. (2007). *Guía técnica para producción y análisis de almidón de Yuca*. Recuperado de <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a1028s/a1028s01.pdf>
- FAO. (2017). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. Recuperado de <http://www.fao.org/home/es/>
- FAO. (2017). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. Recuperado de <http://www.fao.org/unfao/procurement/general-information/es/>
- Feed the Future. (30 de Octubre de 2014). *Feed the future: Groundbreaking New Technology Makes Cassava Commercialization Possible*. Recuperado de <https://www.feedthefuture.gov/article/groundbreaking-new-technology-makes-cassava-commercialization-possible>
- Fernández, C., Baptista, P., & Hernández, R. (2001). *Metodología de la investigación*. México D.F: McGraw-Hill Interamericana.
- FINAGRO. (Agosto de 2014). *FINAGRO: Perspectiva del sector agropecuario Colombiano*. Recuperado de https://www.finagro.com.co/sites/default/files/2014_09_09_perspectivas_agropecuarias.pdf
- Flores, E. R. (2015). *Estudios Centroamericanos: Cadenas productivas y gestión de la estrategia. Un enfoque territorial y de valor compartido*. Recuperado de http://www.uca.edu.sv/upload_w/20/file/737/Edwin-Flores.pdf
- Gálvez, G. E. (6 de Septiembre de 2006). *Gestiopolis: La Cadena Productiva y los Sistemas de Producción*. Recuperado de <https://www.gestiopolis.com/la-cadena-productiva-y-los-sistemas-de-produccion/>
- García, J. P., & Barba, J. F. (19 de Mayo de 2011). *Estrategia Competitiva Ventaja competitiva y la Cadena de valor*. Recuperado de https://competitivestrategy404a.files.wordpress.com/2011/06/ventaja_competitiva_y_cadena_de_valor-informe.pdf

- Hernán, C. (2013). *Sistema de Información sobre manejo Poscosecha y Procesamiento de la Yuca*. Recuperado de http://ciat-library.ciat.cgiar.org:8080/jspui/bitstream/123456789/7089/1/sistema_informacion_manejo_postcosecha_procesamiento_yuca.pdf
- Hirschman, A. (1958). *Estrategia para el desarrollo*. Recuperado de file:///C:/Users/Alejandra%20Olarte/Downloads/DOCT2065329_ARTICULO_6.PDF
- ICONTEC. (23 de Julio de 2001). *NORMA TECNICA COLOMBIANA, YUCA PARA CONSUMO*. Recuperado de <https://tienda.icontec.org/wp-content/uploads/pdfs/NTC1255.pdf>
- International, B. (2001). *Bioline.org: The Cassava processing industry in Brazil: Traditional techniques, technological developments, innovations and new markets*. Recuperado de <http://www.bioline.org.br/request?fn01006>
- Malaver, F. M. (2007). Vigilancia tecnológica y competitividad sectorial: lecciones y resultados de cinco estudios. En M. V. Florentino Malaver, *Vigilancia tecnológica y competitividad sectorial: lecciones y resultados de cinco estudios* (pág. 331). Bogotá: Universidad Pontificia Javeriana.
- Malvido, G. (Junio de 2008). *Madrimasd: La Norma UNE 166006:2006 Vigilancia Tecnológica*. Recuperado de: http://www.madrimasd.org/informacionidi/agenda/documentos/Seminario_VT/Seminario_VT_Gerardo_Malvido.pdf
- Mateos, F., & Rodríguez, S. (2014). Informe de vigilancia tecnología, Tendencias en el sector agrícola. En S. R. Fátima Mateos, *Informe de vigilancia tecnología, Tendencias en el sector agrícola* (pág. 84). Madrid, España: Publicaciones Fundación EOI.
- MINAGRICULTURA. (2012). *Ministerio de Agricultura y Desarrollo: Diagnóstico de la cadena de la yuca en Colombia*. Recuperado de <https://sioc.minagricultura.gov.co/Yuca/Documentos/005%20-%20Documentos%20T%C3%A9cnicos/D.T.%202012%20Junio%20-%20Diagnostico%20Cadena%20Yuca.pdf>
- MINAGRICULTURA. (2015-2016). *Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural Informe de Rendición de Cuentas 2015-2016*. Recuperado de

- <https://www.minagricultura.gov.co/InformeRendCuentas2016/RENDICION%20DE%20CUENTAS%20-%20INFORME%202015-2016-julio%2001.pdf>
- MINAGRICULTURA. (2016-2017). *Informe de Rendición de Cuentas 2016-2017*. Recuperado de <http://www.minagricultura.gov.co/Documentos%20Publicos/RENDICION%20DE%20CUENTAS%20-%20INFORME%202016-2017.pdf#search=maquinaria%20del%20cultivo%20de%20yuca>
- MINAGRICULTURA. (Agosto de 2017). *Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural en Colombia: Alianza por más recursos y mercados para la yuca*. Recuperado de <https://www.minagricultura.gov.co/noticias/Paginas/Alianza-yuca.aspx>
- Morán, D. (18 de Abril de 2017). *BioRefinerías Blog: DADTCO- Procesado a pequeña escala para la revolución de la yuca en África*. Recuperado de <https://biorrefineria.blogspot.com.co/2017/04/perfil-dadtco-procesado-pequena-escala-revolucion-yuca-africa.html>
- Nigeria, A. (2014). *Agriculture Nigeria: High Quality Cassava Flour*. Recuperado de <http://agriculturenigeria.com/agro-processing/processing-of-crops/cassava-floor>
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (Febrero de 2011). *FAO: Seguridad Alimentaria y Nutricional Conceptos Básicos*. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-at772s.pdf>
- Ospina, C., & Gómez, M. (2014). *Modelo de Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva en Grupos de Investigación de las Universidades de la Ciudad de Manizales*. Universidad Autónoma de Manizales, Manizales, Colombia. Recuperado de <http://repositorio.autonoma.edu.co/jspui/bitstream/11182/821/1/Tesis%20VTeIC%20Grupos%20de%20Investigacion.pdf>
- Ospina P, B., García G, M. L., & Alcalde T, C. A. (2002). *La Yuca en el Tercer Milenio, Sistemas Modernos de Producción, Procesamiento, Utilización y Comercialización*. Recuperado de <https://betuco.be/manioc/Yuca%20siembra%20cosecha%20capitulo19%20.pdf>
- Perasso, V. (12 de Octubre de 2016). *BBC MUNDO: Qué es la cuarta revolución industrial (y por qué debería preocuparnos)*. Recuperado de <http://www.bbc.com/mundo/noticias-37631834>

- PERIODICO SENA. (2017). *Alianza Tecnológica para producir Alimentos Nutritivos*. Recuperado de <http://periodico.sena.edu.co/transferencia/noticia.php?i=297>
- Porter, M. (1985). *Competitive Advantage, creating and sustaining superior performance*. Recuperado de <http://forleadership.org/wp-content/uploads/Competitive-Advantage.pdf>
- Porter, M. (1986). *Ventaja Competitiva*. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/993/99318788001.pdf>
- Prensa, A. 2. (19 de Diciembre de 2012). *Agro: Guía técnica para producción y análisis de almidón de Yuca*. Recuperado de <http://www.agro20.com/group/agricultura-america-latina-y-caribe/forum/topics/yuca-preparaci-n-del-terreno>
- Reina, C. E. (1996). *Agronet: Manejo Postcosecha y Evaluación de la calidad para la Yuca que se comercializa en la Ciudad de Neiva*. Recuperado de <http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/4702/2/Manejo%20poscosecha%20y%20evaluacion%20de%20la%20calidad%20en%20yuca.pdf>
- Rica, D. d. (2013). *Cnp.go.cr*. Recuperado de https://www.cnp.go.cr/biblioteca/fichas/yuca_ftp.pdf
- Rural, Ministerio de Agricultura y Desarrollo. (Noviembre de 2014). *Sioc.minagricultura: Acuerdo de Competitividad de la Cadena Agroindustrial de la Yuca en Colombia*. Recuperado de <https://sioc.minagricultura.gov.co/Yuca/Documentos/004%20-%20Documentos%20Competitividad%20Cadena/D.C.%202014%20Noviembre%20-%20Acuerdo%20de%20competitividad.pdf>
- SENA, & CLAYUCA. (Agosto de 2015). *Clayuca.org: Tecnologías para la parafinación y el encerado de raíces frescas de yuca*. Recuperado de http://www.clayuca.org/sitio/images/publicaciones/cartilla_modulo_4_parafinado_y_encerado_final.pdf
- Siembra, C. (2014). *Agronet*. Recuperado de <http://www.agronet.gov.co/Documents/departamentos.pdf#search=principales%20cultivos3>
- Thailand, T. J. (2011). *Royal Institute of Thailand*. Recuperado de http://www.royin.go.th/royin2014/upload/246/FileUpload/2532_3748.pdf

Tomta, D., & Chiatchoua, C. (2009). *Unilibre: Cadenas Productivas y productividad de las Mipymes*. Recuperado de

<http://www.unilibre.edu.co/CriterioLibre/images/revistas/11/CriterioLibre11art06.pdf>

Valdez Cruz, J., & Hernández Núñez, R. (2014). *Coniaf: Guía Técnica para la Producción de Yuca*. Recuperado de

<http://www.coniaf.gob.do/images/docs/Gu%C3%ADa%20T%C3%A9cnica%20para%20la%20Producci%C3%B3n%20de%20Yuca.pdf>